

ISSN 1818-2712
J Nucl Med Tech
核醫技術學誌

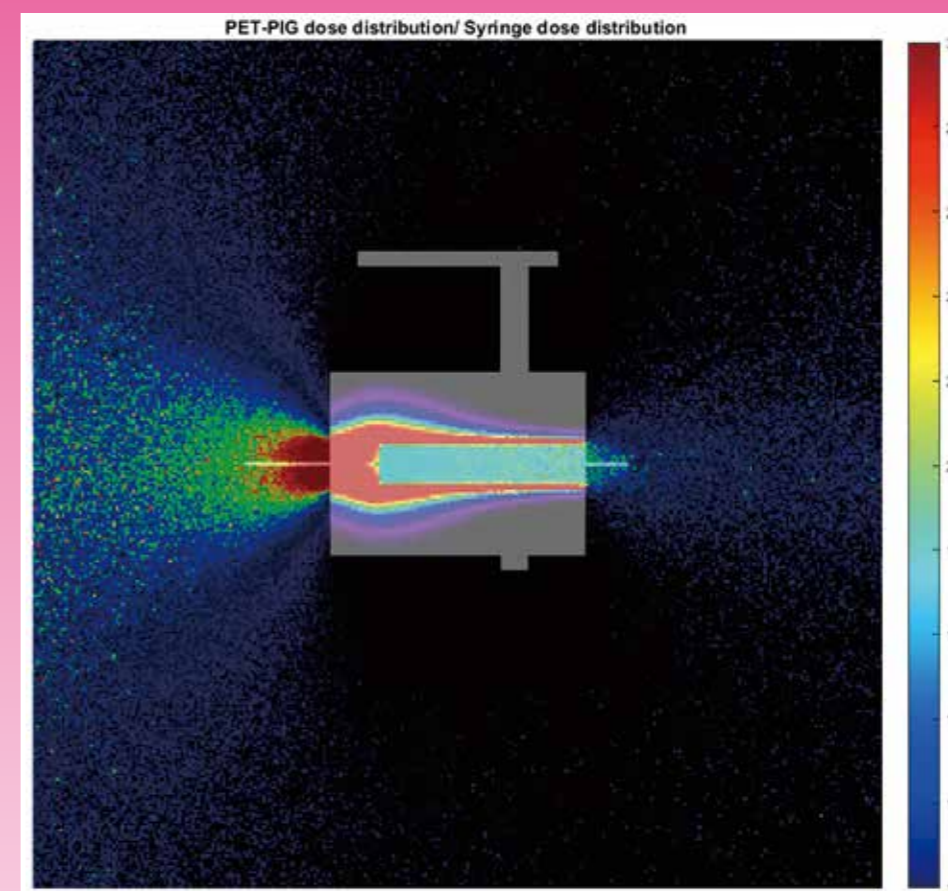
核醫技術學雜誌

Journal of Nuclear Medicine Technology

Journal of Nuclear Medicine Technology

核醫技術學雜誌

Volume 15 Number 1 Pages 1-33 December 2018



PET-PIG dose distribution divided by syringe dose distribution.

Volume 15 Number 1

December 2018

第十五卷 第一期

中華民國一〇七年十二月

Published by NM Technology Committee, the Society of Nuclear Medicine, R.O.C.

中華民國核醫學學會
醫技委員會 發行

核醫技術學雜誌

Journal of Nuclear Medicine Technology

發行人 (Publisher)

顏若芳 (Ruoh-Fang Yen)
臺大醫院

創刊人 (Original Publisher)

黃延城 (Yan-Cherng Huang)
台北榮民總醫院

總編輯 (Editor-in-Chief)

杜高瑩 (Kao-Ying Tu)
台北馬偕紀念醫院

副總編輯 (Associate Editors-in-Chief)

楊邦宏 (Bang-Hung Yang)
台北榮民總醫院

執行秘書 (Production Secretary)

王秀珊 (Hsiu-Shan Wang)
台北三軍總醫院

編輯委員 (Editorial Board)

北區

廖炎智 (Yen-Chih Liao)
三軍總醫院

王安美 (An-Mei Wang)
台北馬偕醫院

黃奕琿 (Yih-Hwen Huang)
台大醫院

蔡佳玲 (Chia-Lin Tsai)
長庚醫院

辜啓泰 (Chi-Tai Ku)
新光醫院

梁瑋玲 (Wei-Ling Liang)
和信醫院

黃美馨 (Mei-Hsing Huang)
國泰醫院

吳璧珊 (Pi-Shan Wu)
市立聯合醫院

鄧仁淡 (Jen-Tan Teng)
振興醫院

陳雅凰 (Ya-Huang Chen)
亞東醫院

黃雅婕 (Ya-Chieh Huang)
萬芳醫院

陳惠萍 (Hui-Ping Chen)
聯新國際醫院

中區

周國堂 (Kuo-Tang Chou)
台中榮民總醫院

顏國揚 (Kuo-Yang Yen)
中國醫學大學附設醫院

林奉儒 (Feng-Ju Lin)
彰化基督教醫院

張白容 (Pai-Jung Chang)
中山醫學大學附設醫院

姜繼宗 (Chi-Tsung Chiang)
中港澄清醫院

黃政凱 (Cheng-Kai Huang)
中港澄清醫院

陳逸珊 (Yi-Shan Chen)
台中慈濟醫院

詹況乘 (Kuang-Li Chang)
國軍台中總醫院

南區

鍾相彬 (Shiang-Bin Jong)
高雄醫學院

張貴蘭 (Kuei-Lan Chang)
高雄醫學院附設醫院

李世昌 (Shih-Chang Li)
成大醫院

顏宏旗 (Hung-Chi Yen)
高雄長庚醫院

王文祥 (Wen-Hsiang Wang)
義大醫院

俞長青 (Chang-Ching Yu)
高雄榮民總醫院

鄭時維 (Shih-Wei Cheng)
屏東基督教醫院

莊欣慧 (Hsin-Hui Chuang)
國軍左營醫院

林佩穎 (Pei-Yieng Lien)
阮綜合醫院

核醫技術學雜誌

第 15 卷第 1 期

中華民國核醫學學會醫技委員會學誌

中華民國 107 年 12 月發行

原 著

- 使用關鍵指標法 (KIM) 評估核醫科推車人因工程之改善 1
張雅蓮 楊淑琴 莊濬超 吳麗君 張家豪 吳志順
- 蒙地卡羅模擬劑量分布用於正子照影工作人員輻射防護教材 9
柴發順 江泰林 歐玲君 邱鼎寬
- 氟 -18 氟化鈉 PET/CT 在骨病變中的臨床應用與技術指引 17
柴發順 江泰林 歐玲君 邱鼎寬
- 放射免疫分析檢測 B 型肝炎表面抗原檢驗值落在閾值附近時與酵素
免疫分析法之比對 29
顏玉安 吳麗君 蘇雅雯 張淑芬 曾宜玲 廖淑娟 顏吉龍 張朝鈞 李將瑄

附 錄

核醫檢查標準作業執行程序書指引

Journal of Nuclear Medicine Technology

The Official Publication of NM Technology Committee, the Society
of Nuclear Medicine, R.O.C.

Volume 15, Number 1

ISSN 1818-2712
December 2018

Original Articles

- Evaluate the improvements in nuclear medicine carts by using the key indicator method (KIM) in human factor engineering 1**
Ya-Lien Chang, Shu-Qin Yang, Jim-Chao Chuang, Li-Chun Wu, Chia-Hao Chang, Chih-Shun Wu
- Monte Carlo simulation of radiation dose distribution for PET center staff training materials 9**
Fa-Shun Tsai, Tai-Lin Jiang, Lin-Chun Ou, Ting-Kuan Chiu
- Clinical Application and Guideline of Fluorine-18 sodium Fluoride PET/CT in Bone Lesions 17**
Fa-Shun Tsai, Tai-Lin Jiang, Lin-Chun Ou, Ting-Kuan Chiu
- Comparison of radioimmunoassay (RIA) with enzyme immunoassay (EIA) for the detection of HBsAg as the results obtained by RIA near threshold value 29**
Yu-An Yen, Li-Chun Wu, Ya-Wen Su, Shu-Fen Chang, Yi-Ling Tseng, Shu-Chuan Liao, Chi-Long Yen, Chao-Chun Chang, Chiang-Hsuan Lee

Appendix

Procedure Guideline for Nuclear Medicine Examinations of SNM, Taiwan (R.O.C.)

中華民國 93 年 11 月 20 日創刊

發行：中華民國核醫學學會
秘書處

理事長：顏若芳

醫技委員會：杜高瑩
主任委員

執行祕書：王秀珊

會址：100 台北市中正區中山南路 7 號
台大醫院核醫部轉核醫學學會

電話：02-23562481

傳真：02-23957855

電子信箱：tsnm.tw@gmail.com

劃撥帳號：19781819

戶名：中華民國核醫學學會

印刷：宇晨企業有限公司 yuchen68@ms51.hinet.net

地址：台北市和平東路二段 151 號 6 樓

電話：(02) 27037667 傳真：27033381

使用關鍵指標法 (KIM) 評估核醫科推車人因工程之改善

張雅蓮¹ 楊淑琴² 莊濬超³ 吳麗君⁴ 張家豪¹ 吳志順^{1*}

¹ 奇美醫療財團法人柳營奇美醫院 核醫科

² 奇美醫療財團法人柳營奇美醫院 放射腫瘤部

³ 中山醫學大學醫學 影像暨放射科學系

⁴ 奇美醫療財團法人奇美醫院 核醫科

摘要

前言：我國行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所報告指出，各國肌肉骨骼傷害佔其職業傷害的百分比皆超過 50%；而在 2004 年至 2016 年間，肌肉骨骼傷害佔職業傷害百分比也由原來的 42.07% 逐年遞增至 65.9%。工作人員因長期暴露於缺乏人因工程考量的工作場所中，因疲勞、損傷、發炎而導致骨骼肌肉等受傷害，影響勞工正常的生活，甚至因失能而無法繼續工作。

KIM 主要被開發來偵檢作業上的瓶頸和必要的改善措施，此法適用於評估人體的工作負荷。這些指標包括重量、姿勢和工作條件，以及代表持續時間、頻率或距離所成的乘數，是一個簡單的判斷或評估工具 [1]。

本科內有三台推車 (cart)，分別裝載不同且沉重之準直儀。由於十分難以推動，人員甚至因推拉動作出現肌肉傷害。

方法：KIM 在使用上相當簡便，非常適合現場快速診斷評估 [7]。將與此活動相關的質量評級點數、定位準確度點數、姿勢評級點數、工作狀況點數、時間評級點數，共五項評級點數輸入計算式中，即可評估該項作業之風險值。

材料：本科地板因使用防滑之塑膠材質而較為柔軟，推行時阻力較大；且地板水平亦有傾斜，造成推車於軌道中拉出時最為費力。將關鍵區域範圍鋪設一定厚度之鋼

板，藉此降低地板與推車輪子間的摩擦力；並於鋪設鋼板前，先把地板水平調整完善。由於考量到雙腳在推車拉出軌道瞬間，亦需施與地板阻力，因此鋼板鋪設範圍並非涉及所有移動路徑，而是僅限於推車推進軌道內時，推車軌道與車體所涵蓋之地面範圍 [圖一 [圖二]]。

結果：地面狀況改善後，工作狀況評級點數亦從 2 分降至 0 分。分別將五項評級點數分別代入計算式中，則得出改善地面狀況前風險值為 10 分，而改善後風險值降至 8 分。

結論與討論：本文除了應用關鍵指標法評估此改善方案成效外，亦依循 PDCA 管理架構執行，成功地將工作風險值由原本的 10 分降至 8 分。也就是從風險等級 2 之下限值改進成為風險等級 1，降低了人員肌肉骨骼傷害之機率。

關鍵詞：關鍵指標法 (KIM)、職業傷害、準直儀推車、鋼板

核醫技學誌 2018;15:1-8

前言

我國行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所的「人因工程工作現場設施改善技術應用研究」報告指出，各國肌肉骨骼傷害佔其職業傷害的百分比皆超過 50%；美國 60%、英國 59%、法國 78%、西班牙 82%、歐盟 52%、日本 58%；而我國在 2004 年至 2016 年間，肌肉骨骼傷害佔職業傷害百分比也由原來的 42.07% 逐年遞增

受理日期：107 年 1 月 15 日

通訊作者：吳志順

服務單位：柳營奇美醫院核醫科

職稱：科主任

地址：台南市柳營區太康里 201 號 柳營奇美醫院核醫科

電話：886-6-6226999#71030 電子信箱：d930811@mail.chimei.org.tw

至 65.9%。因工作所引起的肌肉骨骼傷害主要原因包括高重複性動作、振動暴露、不良的工作姿勢、局部接觸力與過度施力等。工作人員因長期暴露於缺乏人因工程考量的工作場所中，因疲勞、損傷、發炎而導致骨骼肌肉等受傷害，使勞工身體不適或引發疾病，影響勞工正常的生活，甚至因失能而無法繼續工作。

適當的評估工具有助於協助現場人員找出工作場所中之人因工程危害。過去已有多種不同的工具被發展出來，其中關鍵指標法主要被開發來偵檢作業上的瓶頸和必要的改善措施，此法適用於評估人體的工作負荷。這些指標包括重量、姿勢和工作條件，以及代表持續時間、頻率或距離所成的乘數，對雇主或公司的員工而言，都是一個簡單的判斷或評估工具 [1]。

本科在執行不同檢查時，因檢查需求可能需要更換不同準直儀。科內有三台推車 (cart)，分別裝載不同且沉重之準直儀。由於十分難以推動，人員甚至因推拉動作出現肌肉傷害。

方法

KIM 是最早由德國所發展的檢核表，近年經北歐挪威、丹麥、瑞典等各國驗證後採納使用，2001、2002 分別針對「人工物料處理」及「推拉作業」發表 2 個版本，本研究使用的是推拉作業版本。KIM 在使用上相當簡便，

表一：時間評級點數

短距離推、拉或經常停止 (單趟距離低於 5 m)		長距離推、拉 (單趟距離大於 5 m)	
工作日總次數	時間評級點數	工作日總距離	時間評級點數
< 10	1	< 300 m	1
10 to < 40	2	300 m to < 1 km	2
40 to < 200	4	1 km to < 4 km	4
200 to < 500	6	4 to < 8 km	6
500 to < 1000	8	8 to < 16 km	8
≥ 1000	10	≥ 16 km	10
範例：操作省力裝置，設定機器，在醫院中分送膳食		範例：垃圾收集，在建築物中以滾輪運送家具，裝卸和移載貨櫃	

非常適合現場快速診斷評估 [7]。

步驟一：先依作業特性，於下方表格中選擇「短距離推、拉或經常停止」或「長距離推、拉」之其中的一欄，並於該欄中選擇適當的作業次數 / 距離，並對照讀取表中相對應的時間評級點數。

步驟二：分別決定質量、定位準確度、速度、姿勢與工作狀況 4 個評級點數。

步驟三：將與此活動相關的評級點數輸入計算式中，即可評估該項作業之風險值：

$$(\text{質量評級點數} + \text{定位準確度點數} + \text{姿勢評級點數} + \text{工作狀況點數}) \times \text{時間評級點數} = \text{風險值}$$

根據計算所得之評分，可依表六進行評估。

材料

本科地板因與院內統一使用防滑之塑膠材質而較為柔軟，推行時阻力較大；且地板水平亦有傾斜，造成推車於軌道中拉出時（此段路線方向處於上坡狀態）最為費力。

為了使推行更為順暢，將關鍵區域範圍鋪設一定厚度之鋼板，利用金屬堅硬且摩擦係數較小之特性，藉此降低地板與推車輪子間的摩擦力；並於鋪設鋼板前，先把地板水平調整完善。由於考量到雙腳在推車拉出軌道

表二：質量評級點數

搬運質量 (負載重量)、 滾動	工業卡車 / 輔助工具				
	無輔助工具， 直接滾動	手推車	可轉動 (非定向輪) 之四輪推車	定向輪之軌道車 或手推車	吊臂， 省力裝置
< 50 kg	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
50 to < 100 kg	1	1	1	1	1
100 to < 200 kg	1.5	2	2	1.5	2
200 to < 300 kg	2	4	3	2	4
300 to < 400 kg	3		4	3	
400 to < 600 kg	4		5	4	
600 to < 1000 kg	5			5	
≥ 1000 kg					

* 灰色區：關鍵，因為工業卡車 / 負載動作之檢核結果受技巧和體力影響很大。

* 無數字之白色區：基本上要避免，因為必要的作用力量很容易超過人體的最大負荷力量。

表三：定位準確度評級點數

定位準確度	動作速度	
	慢 (< 0.8 m/s)	快 (0.8 to < 1.3 m/s)
低		
◎無特定移動距離	1	2
◎負載可滾至阻擋物或沿著阻隔物移動		
高		
◎負載必須準確定位並停止		
◎移動距離需準確	2	4
◎方向經常變換		

* 平均走路速度約 1 m/s

表四：姿勢評級點數

典型姿勢 * 與荷重位置	姿勢與荷重位置	姿勢評級點數
	上身保持直立，不扭轉。	1
	軀幹稍微向前彎曲或扭轉（單側拖拉）。	2
	軀幹前彎向運動方向蹲、跪或彎腰。	4
	同時彎腰及扭腰。	8

* 決定姿勢評級點數時必需採用物料處理時的典型姿勢。當開始動作、煞車、或轉向時軀幹可能有較大的傾角，如果只是偶然出現可以被忽略。

表五：工作狀況評級點數

工作狀況	工作狀況評級點數
良好： 地面或其他表面水平，穩固，平坦，乾燥。 無傾斜。 工作空間不存在障礙物。 滾輪或車輪能輕鬆移動，車輪軸承沒有明顯的磨損耗。	0
受限制： 地面髒污，不平整，柔軟。 斜坡可達 2°。 必須繞過工作空間中的障礙物。 滾輪或車輪髒污不易運行，軸承磨損。	2
困難： 未鋪柏油或簡單鋪設的路面，坑洞，嚴重髒污。 斜坡可達 2°至 5°。 工業車輛啟動時預先鬆動。 滾輪或車輪髒污，軸承運行呆滯。	4
複雜： 踏階，階梯。 斜坡 > 5°。 合併「受限制」及「困難」之缺失。	8

表六：風險等級及風險值說明

風險等級	風險值	說明
1	< 10	低負荷，不易產生生理過載的情形。
2	10 to < 25	中等負載，生理過載的情形可能發生於恢復能力較弱者*。針對此族群應進行工作再設計。
3	25 to < 50	中高負載，生理過載的情形可能發生於一般作業人員。建議進行工作改善。
4	≤ 50	高負載，生理過載的情形極可能發生。必須進行工作改善**。

* 恢復能力較弱者指 40 歲以上或 21 歲以下，新進人員或有特殊疾病者。

** 改善的需求可參考表中評級點數來決定，以降低重量、改善作業狀況、或縮短負荷時間可避免作業壓力的增加。

瞬間，亦需施與地板阻力，因此鋼板鋪設範圍並非涉及所有移動路徑，而是僅限於推車推進軌道內時，推車軌道與車體所涵蓋之地面範圍 [圖一][圖二]。



圖一：鋪設鋼板前



圖二：鋪設鋼板後

結果

評級點數得分說明 [表八]：

1. 時間評級點數：由於本科推車最長行走距離為 9.15 公尺，因此選擇「長距離推、拉（單趟距離大於 5 m）」欄位。而工作日總距離小於 300 公尺*，因此時間評

表七：說明科內三台推車 (cart) 所裝載之準直儀及其總重量 (資料由西門子廠商提供)

	裝載準直儀	推車總重量 (kg)
Cart 1	LEHR, MELP	353.7
Cart 2	Pinhole	261.8
Cart 3	Fanbeam, Smart-Zoom	332.7

Cart 1 行走距離為 3.9 公尺，Cart 2 行走距離為 9.15 公尺、Cart 3 行走距離為 8.66 公尺。

級點數為 1。

* 根據每日更換準直儀之頻率，選擇更換頻率最高的組合及其推車行走距離計算得出。本科每日最常使用的準直儀為 LEHR 及 Smart Zoom，而裝載 LEHR 之推車每日需移動 6 次，每次行走距離為 3.9 公尺；而裝載 Smart Zoom 之推車每日需移動 4 次，每次行走距離為 8.66 公尺，因而得出每日推行總距離為 58.04 公尺。

2. 質量評級點數：本科之推車為「可轉動（非定向輪）之四輪推車」，最重的推車重量為 353.7 公斤（介於 300~400 公斤區間），因此質量評級點數為 4。
3. 定位準確度評級點數：屬於高定位準確度，因此定位準確度評級點數為 2。
4. 姿勢評級點數：推拉推車時，身體姿勢為「軀幹稍微向前彎曲」，姿勢評級點數為 2。
5. 工作狀況評級點數：鋪設鋼板前地面較為柔軟且傾

斜，於地面鋪設鋼板及調整水平後便改善此狀況；地板從傾斜且柔軟，改善為穩固且平坦，因此工作狀況評級點數亦從 2 分降至 0 分。

表八：評級點數統整

評級類別	改善前 評級點數	改善後 評級點數
時間點數	1	1
質量點數	4	4
定位點數	2	2
姿勢點數	2	2
工作狀況點數	2	0
風險值	10	8

代入公式：（質量評級點數＋定位準確度點數＋姿勢評級點數＋工作狀況點數）× 時間評級點數＝風險值

則得出改善地面狀況前風險值為 10 分，而改善後風險值降至 8 分。

結論與討論

依職安法第 23 條規定：「雇主應依其事業單位之規模、性質，訂定職業安全衛生管理計畫；並設置安全衛生組織、人員，實施安全衛生管理及自動檢查。前項之事業單位達一定規模以上或有第十五條第一項所定之工作場所者，應建置職業安全衛生管理系統…」[2]。

人因性危害防止計畫之規劃執行，宜遵循 PDCA 循環之管理架構，P（Plan，規劃）、D（Do，執行）、C（Check，查核）與 A（Act，行動）來進行管理，以確保管理目標之達成，並進而促使管理成效持續改善 [3]。本文除了應用關鍵指標法評估此改善方案成效外，亦依循此管理架構執行，成功地將工作風險值由原本的 10 分降至 8 分。也就是從風險等級 2（中等負載）之低限值改進成為風險等級 1（低負荷）。多數人員於改建前曾因肌肉傷害就診；鋪設地板後觀察數個月，人員不會再為此就診，著實降低了人員肌肉骨骼傷害之機率。

參考資料

1. 林鳳英、陳協慶、李正隆。關鍵指標法 (KIM) 對台灣產業在肌肉骨骼危害防治上的可應用性，2010。
2. 中華民國勞動部。<https://www.mol.gov.tw/statistics/2452/2457/>
3. 臺灣職業安全衛生管理系統。(TOSHMS).<https://www.toshms.org.tw/Intro.aspx>
4. 中華職業醫學會。http://www.oma.org.tw/download/D_02.pdf
5. 勞動部職業安全衛生署。人因性危害預防計畫指引，2014。
6. 勞工保險統計年報。行政院勞動部勞工保險局，2016。<http://www.bli.gov.tw/sub.aspx?a=quVMPpEyz9Y%3D>
7. 吳欣潔、陳協慶。產業實務服務學習一人因風險危害的評估方法，2009。

Evaluate the improvements in nuclear medicine carts by using the key indicator method (KIM) in human factor engineering

Ya-Lien Chang¹, Shu-Qin Yang², Jim-Chao Chuang³, Li-Chun Wu⁴,
Chia-Hao Chang¹, Chih-Shun Wu^{1*}

¹Division of Nuclear Medicine, Department of Medical Image, Chi Mei Medical Center, Liouying, Tainan, Taiwan

²Department of Radiation Oncology, Chi Mei Medical Center, Liouying, Tainan, Taiwan

³Medical Imaging and Radiological Sciences, Chung Shan Medical University, Taichung, Taiwan

⁴Division of Nuclear Medicine, Department of Medical Image, Chi Mei Medical Center, Yongkang, Tainan, Taiwan

ABSTRACT

Background: The report of Institute of Occupational Safety and Health, CLA, EY that the percentage of musculoskeletal injuries in all countries accounts for more than 50% of their occupational injuries. In 2004-2016, the percentage of musculoskeletal injuries in occupational injuries also increased from 42.07% Increase year by year to 65.9%. Due to long-term exposure to workplaces lacking consideration of human factors, people suffer from fatigue, injury, inflammation, and other injuries to skeletal muscles, affecting the normal labor life and failing to continue their work due to incapacity.

The Key Indicator Method (KIM) has been mainly developed to detect operational bottlenecks and necessary improvements that are applicable to assess the human body's workload. These indicators, including weight, posture, and working conditions, as well as the multiplier for representing duration, frequency or distance, are simple tools of judgment or assessment.

In our department, there are three carts, loaded with different and heavy collimators. Because those are very difficult to promote, people even have muscle injury during pushing and pulling movements.

Method: KIM is quite simple to use and is ideally suited for on-site rapid diagnostic evaluation [7].

In KIM, there are 5 points including quality rating points, positioning accuracy points, posture rating points, working condition points, time rating points. The total of five rating points related to this activity are input into the calculation formula to evaluate the operation Risk value.

Material: The floor of department is relatively soft due to the use of anti-skid plastic material, which results in greater resistance when it is put into operation. The floor also has a slant level, which makes the cart effortlessly pulling out of the track. The floor is laid a certain thickness of the steel plate on the key area, thereby reducing the friction between the floor and the wheel cart. Before that, we have to adjust the floor level at first. Due to the fact that both feet are standing out of the track at the moment of pushing the stroller, floor resistance also needs to be applied. Therefore, The range of laying steel plate is limited to the range of the ground contained in the cart tracks and bodywork, not all moving routes [Figure 1] [Figure 2].

Result: After the improvement of the ground conditions, the working condition rating points also dropped from 2 to 0 points. By substituting the five rating points into the calculation formula respectively, the risk value before improvement of the ground condition is 10 points, and the improved risk value is reduced to 8 points.

Conclusion and discussion: In addition to using the Key Indicator Method to evaluate the effectiveness of this improvement program, this paper also follows the PDCA management framework and successfully reduces the value of work risk from 10 to 8. That is, improving from the lower limit of Risk Level 2 to Risk Level 1 reduces the chance of musculoskeletal injuries.

Key words: KIM, occupational injuries, collimator cart, steel plate

J Nucl Med Tech 2018;15:1-8

Received 2018/1/15
Corresponding author: Chih-Shun Wu, M.D.
Division of Nuclear Medicine, Department of Medical Image, Chi Mei Medical Center, Liouying
Address: No. 201, Taikang, Liouying Dist., Tainan 736, Taiwan, R.O.C.
Tel: 886-6-6226999 ext. 71030 E-mail: d930811@mail.chimei.org.tw

Monte Carlo simulation of radiation dose distribution for PET center staff training materials

Fa-Shun Tsai,* Tai-Lin Jiang, Lin-Chun Ou, Ting-Kuan Chiu

Division of PET Center, Shin Kong Wu Ho-Su Memorial Hospital, Taipei, Taiwan

Positron-emission tomography (PET) is a nuclear medicine functional imaging technique that is used to observe metabolic processes in the body. PET scanning with the tracer ^{18}F -FDG is widely used in clinical oncology. The associated risk of radiation exposure of staffs needs to be properly evaluated. The aim of this study is to investigate the dose distribution in the process of FDG injection at PET Center.

Materials and Methods

All of the Monte Carlo simulations were performed using the GATE version 7.2 with GEANT4 version 4.10 in this study. The radiation dose distributions of the ^{18}F with a simulated activity of 10 mCi in a plastic syringe and with a tungsten shielded container were recorded.

Results

The dose distribution is decremented around ^{18}F tracer with the unshielded plastic syringe. The farther away people are from a radiation source, the less radioactive exposure they receive. The simulation of ^{18}F tracer syringe with tungsten shielded container shows that large amount of gamma photons interacted with tungsten container, and the main radiation dose is confined inside the container. The dose distribution of needle side open hole is more than 10 times higher than the piston side.

Conclusion

The simulation data shows that the tungsten shielded can provide good radiation shielding and greatly reduce the radiation dose. The operation should avoid the opening at both ends of the container facing the human body. While we need to take out the syringe or the tungsten shielding container cannot be used, long forceps or excellent handling devices should be used. The dose distribution data could provide reference for PET staffs training materials.

Key words: Monte Carlo simulation, radiation dose, ^{18}F -FDG, PET/CT, radiation dose distribution

J Nucl Med Tech 2018;15:9-15

Introduction

Positron-emission tomography (PET) is a nuclear medicine functional imaging technique that is used to observe metabolic processes inside the body. PET scanning is non-invasive, but it does involve exposure to ionizing radiation. PET scanning with the tracer fluorine-18 fluorodeoxyglucose (^{18}F -FDG) is widely used in clinical oncology. The FDG PET/CT applications have been continuously increasing for diagnostic procedures. The associated risk of radiation exposure of staff needs to be properly evaluated. The penetrating ability of the 511-keV Gamma rays produced from the annihilation reaction of a positron and an electron is greater than the 140-keV emissions from $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -based compounds [1]. The dose rate constant is defined as the dose

Received 2018/3/8

Corresponding author: Fa-Shun Tsai

Division of PET Center, Shin Kong Wu Ho-Su Memorial Hospital, Taipei, Taiwan

Address: 95, Wen-Chang Rd. Shin-Lin District, Taipei Taiwan

Tel: (02) 2833-2211 ext. 9898 E-mail: T005629@ms.skh.org.tw

rate in air for 1 MBq of an isotope at a distance of 1 m. The dose rate constant for ^{18}F ($16\text{E-}5$ [mSv/h]/MBq) is 6 times higher than for $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ($2.3\text{E-}5$ [mSv/h]/MBq) [2]. A study finds that 59% of the operational related dose is due to direct handling of the ^{18}F and 41% of is from patient interactions [3]. Injection of ^{18}F -FDG contributed the most to radiation exposure. Education of staff on the importance of distance and time is a key factor in dose control [4]. To date, few published data are available on technologist radiation doses received when working with positron-emitting tracers within these departments, or in dedicated PET scanning departments [1, 3, 5, 6].

Three of the most basic and easy factors to follow principles of radiation protection are time, distance, and shielding. The 511 keV Gamma rays need thicker shielding than other common nuclear medicine procedures. The use of the described shielded automatic infusion device decrease in staff extremity and body doses during the PET scan procedures [7, 8]. In Taiwan, we take the tungsten PET syringe shield containers as the PET syringe shield and the unit dose container transfer between PET sites (Figure.



Figure 1. Tungsten PET syringe shield container and BD 5 ml syringe

1). The tungsten PET syringe shield containers are usually named as PET-PIG (Ebayga radiation shielding technology Co, SHANGHAI).

Monte Carlo simulation is an essential tool in emission tomography to assist in the design of new medical imaging devices, assess new implementations of image reconstruction algorithms or scatter correction techniques, and optimize scan protocols. GATE, the GEANT4 Application for Emission Tomography, encapsulates the GEANT4 libraries in order to achieve a modular, versatile, scripted simulation toolkit adapted to the field of nuclear medicine [9, 10]. Actors are tools which allow interacting with the GATE simulation, they can collect information during the simulation. The dose distribution actor builds 3D images of the energy deposit, dose deposited and the number of hits in a given volume. If we can illustrate the dose distribution, may help the staffs to know how to operate in those lower dose areas.

The aim of this study is to investigate the dose distribution in the process of ^{18}F -FDG injection as reference for relevant PET center staffs and as a radiation training material.

Materials and Methods

All of the Monte Carlo simulations were performed using the GATE version 7.2 with GEANT4 version 4.10 in this study. The isotopes selected for this study is ^{18}F as defined 'back-to-back' source in GATE. The source generates pairs of 511 keV gamma photons emitted back-to-back. Back-to-back source is implemented for PET simulations where two annihilation photons are generated at 180 degrees. This type of source is faster to simulate the positron source. The ^{18}F source is defined as a cylinder with a radius of 6.9 mm and a length of 5 mm and material defined as water.

We define the dimensions for the simulation cylinder syringe shell as a cylinder with outside radius of 6.9 mm, inside radius of 5.9 mm and a length of 70 mm. And add a 6x80 mm rectangle plastic piston with 1 mm thickness inside the syringe shell. The syringe needle as a cylinder with a radius of 0.5 mm and material defined as SS304. In this study we simplified the container dimension as a tungsten cylinder

with outside radius of 32.5 mm, inside radius of 8 mm and a length of 90 mm. And with a outside radius of 37.5 mm and 10 mm thickness handle ring connect to a 70 × 10 × 5 mm handle bar.

Take there simulation: (A) ^{18}F source in air. (B) ^{18}F source in the plastic syringe. (C) ^{18}F source in the plastic syringe with tungsten syringe shield container. Each simulation set emission time 10 seconds and the dose distribution actor with interfile format data file will be recorded. The simulation geometric illustrate as Figure 2.

Results

The dose distribution simulation interfiles overlays with simulation model are showed as Figure 3 to Figure 5. The dose distribution is decremented around ^{18}F tracer with the unshielded plastic syringe. The simulation of ^{18}F tracer syringe with tungsten shielded container shows that large amount of gamma photons interacted with tungsten container, and the main radiation dose is confined inside the container. The dose distribution of needle side open hole is much higher than the piston side. The dose distribution profile of needle side, piston side and handle bar with each simulation are showed as Figure 6 to Figure 8. In Figure 6 and Figure 8, we find that PET-PIG simulation result have some area higher than the syringe simulation result. PET-PIG/syringe result is showed in Figure 9.

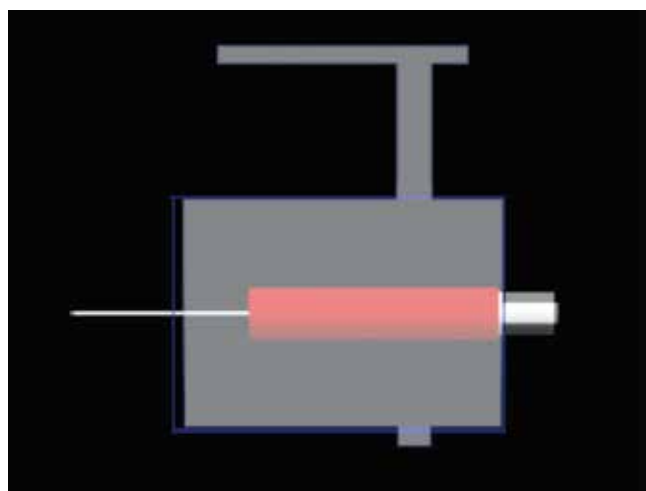


Figure 2. Illustration of the simulation geometric. The plastic syringe with tungsten syringe shield container.

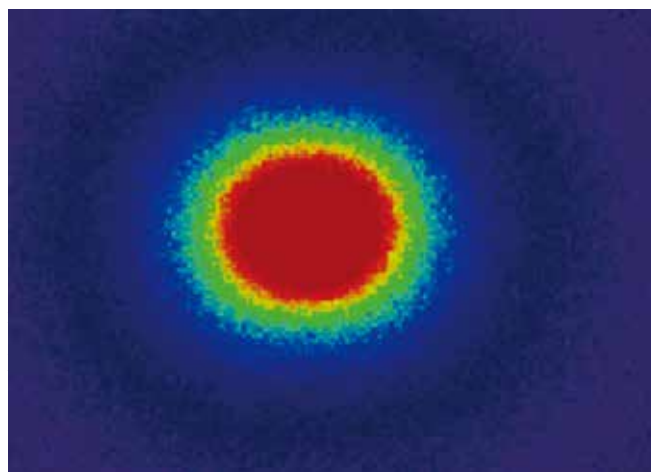


Figure 3. Dose distribution result of the ^{18}F source in air.

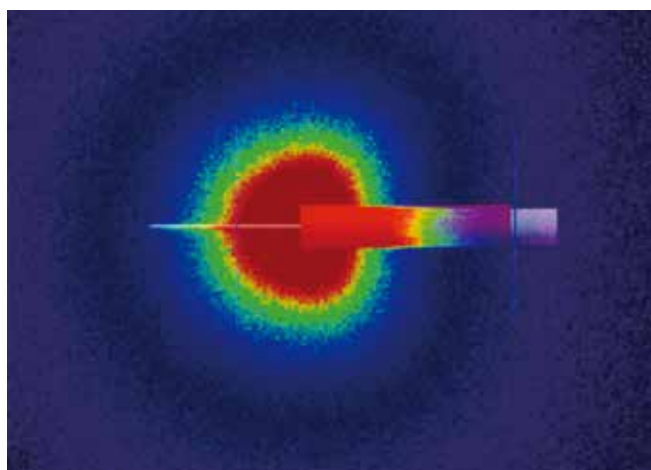


Figure 4. Dose distribution result of the ^{18}F source in the plastic syringe.

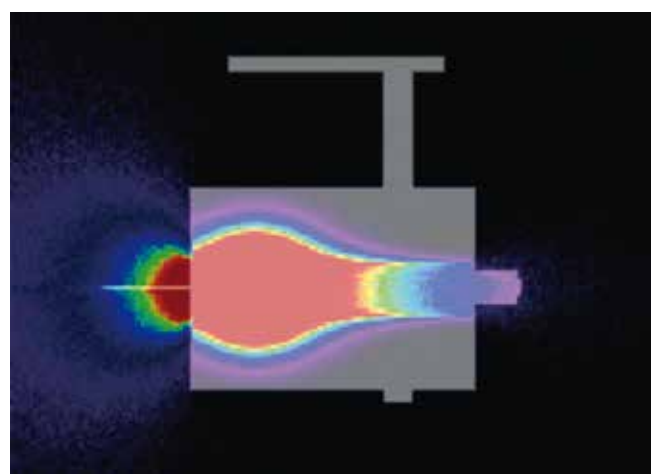


Figure 5. Dose distribution result of the ^{18}F source in the plastic syringe with tungsten syringe shield container.

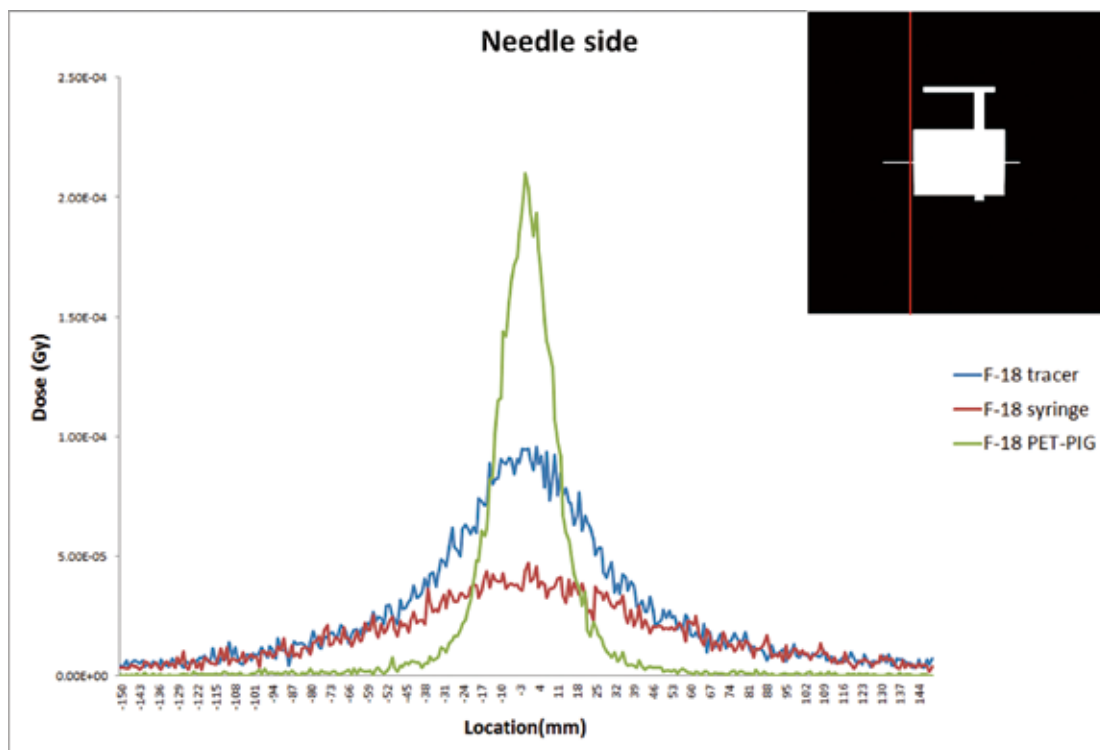


Figure 6. The dose distribution profile of needle side.

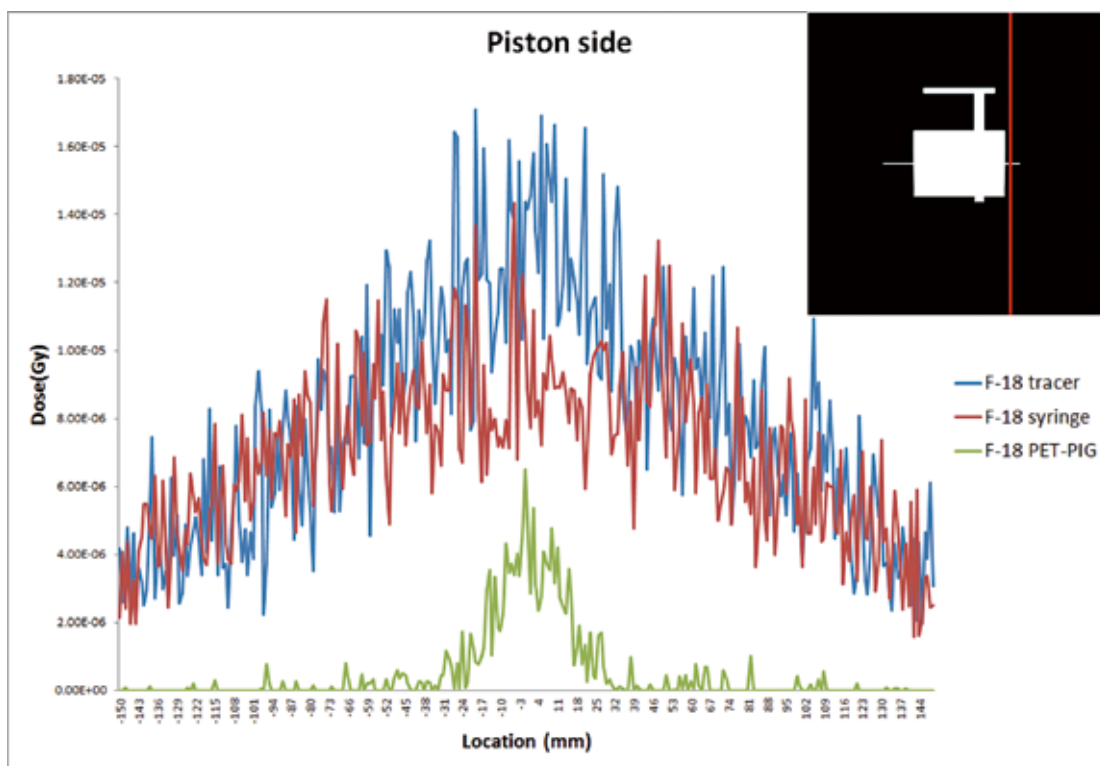


Figure 7. The dose distribution profile of piston side.

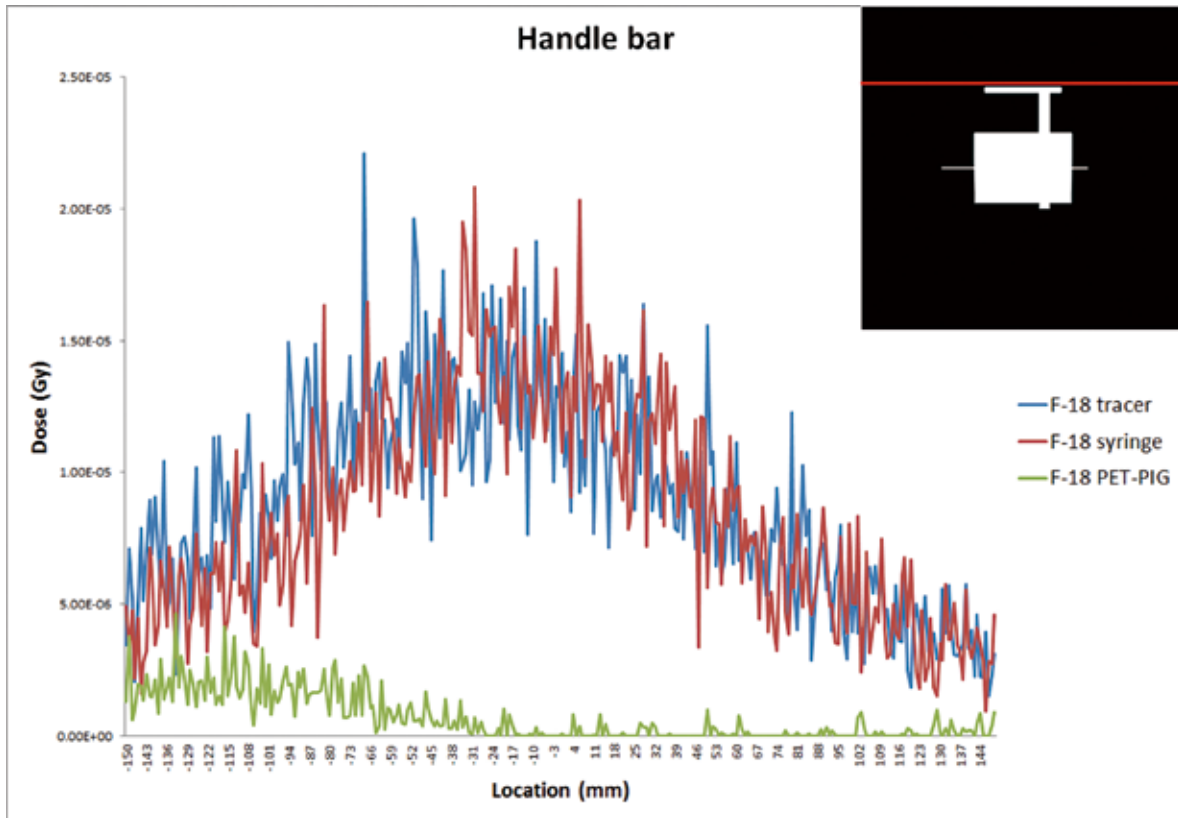


Figure 8. The dose distribution profile of handle bar.

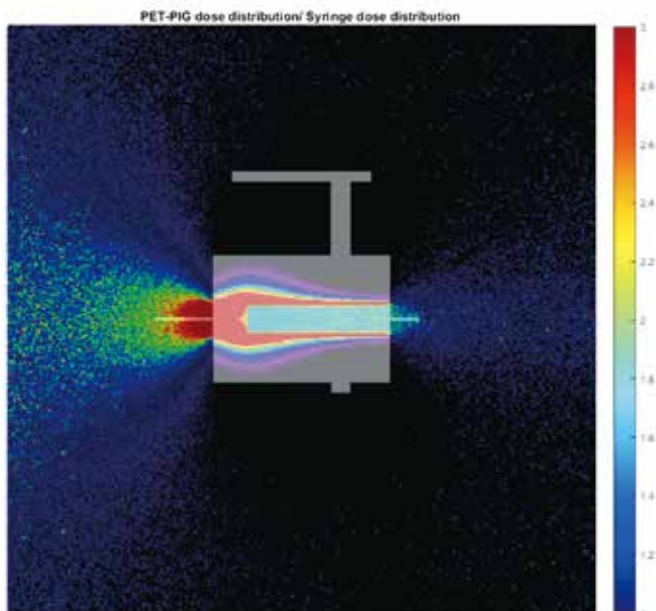


Figure 9. PET-PIG dose distribution divided by syringe dose distribution.

the result of the ^{18}F source in air. In Figure 7, the ^{18}F source in the plastic syringe dose distribution profile shows that using a 15 cm forceps to clamp the piston tail can effectively reduce the radiation dose than directly holding the piston tail while we need to take out the syringe to dose calibrator or other device.

The simulation result of ^{18}F source in the plastic syringe with tungsten syringe shield container confirms that tungsten effectively blocks 511 keV photons. Tungsten syringe shield container permits the safe transport and administration of unit dose PET radiopharmaceuticals. The "T" shape handle bar on the PET-PIG allows the user to be easily lifted out of traditional delivery cases or transport to injection room. The dose distribution profile of handle bar shows it is quite lower than the same place without shield container. The full PET-PIG kit includes top cap, center portion and base. Unscrews the base and top cap, allowing the center portion to be used

as a syringe shield as the simulation model. The simulation result illustrates the PET-PIG changes the dose distribution and provides a lower dose area vertical to the direction of the syringe alignment. Staffs should stay in this lower dose area for any operation.

The cylindrical body of container, formed with a tube tunnel, provides easy access to the 3 or 5 cc syringe. The tube tunnel as a collimator limits the emitted photons at narrow angles. Figure 9 illustrates gamma photons scattering in the tube and escaping in both end open hole like a cone shape beam. Especially at the needle side end radiation dose rate could be 3 times higher than the same place without the PET-PIG in the cone beam area. Considering this high dose phenomenon, forceps should be used when opening the needle cover. When it is not the time of injection or check the activity, the container should be assembled with the cap and base. And staffs should not stay in front of the opening when the container is open.

Conclusion

Monte Carlo simulation toolkit could make dose distribution scenarios visualized. And as the simulation result, the farther away people are from a radiation source, the less radioactive exposure they receive. The tungsten shield container can provide good radiation shielding and greatly reduce the radiation dose. Staffs should not stay in front of the opening when the container is open. While we need to take out the syringe or the tungsten shielding container cannot be used, long forceps or excellent handling devices should be used. The dose distribution data could provide reference for PET staffs training materials.

Reference

1. Chiesa, C., et al., *Radiation dose to technicians per nuclear medicine procedure: comparison between technetium-99m, gallium-67, and iodine-131 radiotracers and fluorine-18 fluorodeoxyglucose*. European journal of nuclear medicine, 1997. 24(11): p. 1380-1389.
2. Towson, J. E., *Radiation dosimetry and protection in PET, in Positron Emission Tomography*. 2005, Springer. p. 251-265.
3. Seierstad, T., et al., *Doses to nuclear technicians in a dedicated PET/CT centre utilising ¹⁸F fluorodeoxyglucose (FDG)*. Radiation protection dosimetry, 2006. 123(2): p. 246-249.
4. Dell, M. A., *Radiation safety review for 511-keV emitters in nuclear medicine*. Journal of nuclear medicine technology, 1997. 25(1): p. 12-17.
5. Benatar, N., B. Cronin, and M. O'Doherty, *Radiation dose rates from patients undergoing positron emission tomography: Implications for technologists and waiting areas*. European journal of nuclear medicine, 2000. 27(5): p. 583-589.
6. Roberts, F. O., et al., *Radiation dose to PET technologists and strategies to lower occupational exposure*. Journal of nuclear medicine technology, 2005. 33(1): p. 44-47.
7. Covens, P., et al., *The introduction of automated dispensing and injection during PET procedures: a step in the optimisation of extremity doses and whole-body doses of nuclear medicine staff*. Radiation protection dosimetry, 2010. 140(3): p. 250-258.
8. Schleipman, A. R. and V. H. Gerbaudo, *Occupational radiation dosimetry assessment using an automated infusion device for positron-emitting radiotracers*. Journal of nuclear medicine technology, 2012: p. jnmt. 112.106070.
9. Jan, S., et al., *GATE: a simulation toolkit for PET and SPECT*. Physics in Medicine & Biology, 2004. 49(19): p. 4543.
10. Jan, S., et al., *GATE V6: a major enhancement of the GATE simulation platform enabling modelling of CT and radiotherapy*. Physics in Medicine & Biology, 2011. 56(4): p. 881.

蒙地卡羅模擬劑量 分布用於正子造影工作人員輻射防護教材

柴發順* 江泰林 歐玲君 邱鼎寬

新光吳火獅紀念醫院 正子造影中心

前言

正子造影是一種利用正子衰變核種標示的追蹤劑注射人體放射出輻射光子訊號，藉由正子造影儀掃描後影像重建呈現體內代謝資訊的影像科技。常用追蹤劑如氟-18 去氧葡萄糖 (^{18}F -FDG) 由於追蹤劑具有輻射活性，對於工作人員會造成一定的輻射暴露。尤其是測量活度與注射時造成手部暴露劑量最高。本研究的目的是利用蒙地卡羅模擬程式進行 ^{18}F -FDG 針劑活度測量與注射時的劑量分布情形，以供相關正子造影工作人員參考並可作為輻射訓練教材。

材料與方法

以 GATE 軟體建立模擬環境測試活度為 10 mCi 的 ^{18}F 分別在塑膠材質針筒以及針筒外包裹鎢材質屏蔽容器下的輻射劑量分布。

實驗結果

在塑膠材質針筒無屏蔽包覆下，劑量分布主要是以追蹤劑為中心向外遞減。在針筒外包裹鎢材質屏蔽容器下大量光子與鎢作用，主要輻射劑量被侷限在容器內部，僅兩端開口處劑量較高。

結論

本次模擬實驗數據顯示鎢質屏蔽容器可提供良好的輻射屏蔽，大幅降低輻射劑量，操作時應避免容器兩端開口對著人體。另在無法使用鎢質屏蔽容器，如進行針劑活度確認時，盡量利用長柄夾進行操作。

關鍵詞：蒙地卡羅模擬、輻射劑量、輻射劑量分布、 ^{18}F -FDG、PET/CT

核醫技學誌 2018;15:9-15

受理日期：107年3月8日

通訊作者：柴發順

單位：新光吳火獅紀念醫院 正子造影中心

地址：台北市士林區文昌路95號

電話：(02) 2833-2211 分機 9898 電子信箱：T005629@ms.skh.org.tw

氟-18 氟化鈉 PET/CT 在骨病變中的臨床應用與技術指引

柴發順* 江泰林 歐玲君 邱鼎寬

新光吳火獅紀念醫院 正子造影中心

摘要

骨骼是轉移性疾病最常見的部位之一，^{99m}Tc-MDP 骨骼掃描是目前常規的核子醫學影像檢查。因應全球鉬-99/鎳-99m 滋生器短缺，¹⁸F-NaF 正子骨骼掃描成爲 ^{99m}Tc-MDP 替代選項受到核子醫學界的重視。本文針對 ¹⁸F-NaF 骨骼掃描的技術規範與臨床應用提出統整分享。

技術指引：受檢者不需空腹，成人注射 1.5-3.7 MBq/kg 活性 ¹⁸F-NaF 後 90-120 分鐘進行全身骨骼掃描。掃描與影像處理條件比照常規 ¹⁸F-FDG 全身掃描參數。

臨床應用：¹⁸F-NaF 骨骼造影臨床上主要應用於惡性腫瘤骨轉移的偵測評估。由於目前的 PET/CT 系統具有比 SPECT 高敏感度和空間解析度，因此 ¹⁸F-NaF 的使用已被重新用於檢測惡性和非惡性骨病。越來越多的文獻證據表明 ¹⁸F-NaF PET/CT 在檢測骨轉移方面提供了更高的敏感度和特异性。此外 ¹⁸F-NaF PET/CT 亦可使用在良性骨病變的診斷。相關應用包含了：診斷感染（例如骨髓炎）、關節炎診斷、創傷和隱性骨折診斷、評估骨骼活性、代謝性骨病診斷、骨壞死早期診斷等。

關鍵詞：氟化鈉、PET/CT、^{99m}Tc-MDP、骨骼掃描

核醫技學誌 2018;15:17-28

前言

傳統核子醫學骨骼影像掃描是使用鎳-99m 標誌的亞甲基二膦酸鹽磷酸鹽 (^{99m}Technetium labelled methylene diphosphonate, ^{99m}Tc-MDP) 追蹤劑進行掃描。傳統的 ^{99m}Tc-MDP 骨骼掃描因爲以相對較低的成本提供了具有可接受診斷敏感度的全身檢查，現在已成爲評估各種癌症骨轉移的首選方法，特別是前列腺癌，肺癌和乳腺癌的骨轉移偵測 [1-3]。加拿大粉筆河實驗室 (National Research Universal reactor in Chalk River, Ontario, Canada) 的國家研究通用反應爐和荷蘭的佩登高通量反應爐 (High Flux Reactor, Petten, Netherlands) 爲鉬-99/鎳-99m 滋生器的主要產地，2009 年起分別因爲維護檢查等原因，造成全球性滋生器短缺 [4-6]。爲了因應全球鉬-99/鎳-99m 滋生器短缺，氟-18 氟化鈉 (¹⁸F-Sodium fluoride, ¹⁸F-NaF) 作爲骨骼掃描替代選項受到核子醫學界的重視。本文針對 ¹⁸F-NaF 骨骼掃描的技術規範與臨床應用提出統整分享。

簡介

氟-18 氟化鈉 ¹⁸F-NaF 是一種正電子發射放射性藥物，在 1962 年就被 Blau 等人提出可用於骨骼掃描 [7-9]。在當時無法大量生產運輸短半衰期同位素和無法有效偵測 511 keV 互毀光子的時代背景下，¹⁸F-NaF 骨骼掃描並未大規模的臨床應用。直到 1970 年代發展出 ^{99m}Tc-MDP 追蹤劑和加碼攝影機的發展，^{99m}Tc-MDP 骨骼掃描逐漸成爲了主要的核子醫學骨骼掃描方式。在過去的幾十年中，^{99m}Tc-MDP 骨骼掃描已被常規用於評估骨骼中的惡性和良性疾病。單光子發射斷層掃描 (SPECT) 的出現，特別是與計算機斷層掃描 (CT) 的結合，進一步提高了平面 ^{99m}Tc-MDP 骨骼掃描及其臨床應用的診斷準確性

受理日期：107 年 12 月 1 日

通訊作者：柴發順

單位：新光吳火獅紀念醫院 正子造影中心

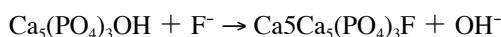
地址：台北市士林區文昌路 95 號

電話：(02) 2833-2211 分機 9898 電子信箱：T005629@ms.skh.org.tw

[10-12]。直到近年來，迴旋加速器生產設備、正子造影掃描儀的進展，以及鉬-99/鎝-99m 滋生器短缺等因素影響下 ^{18}F -NaF 骨骼掃描重新受到核子醫學界的注意。

目前 ^{18}F -NaF 是由迴旋加速器以高能質子射束照射靶體內的氧-18 水進行生產。 ^{18}F -NaF 國內主要是依據前衛生署所公告之「斷層掃描用正子放射同位素調製作業要點」管理，目前已有多家醫院通過核備調製此正子掃描造影藥物 [13]。健保局同意健保給付骨骼掃描替代同位素「氟-18 氟化鈉」全身正子斷層攝影：診療項目代碼 26075B，健保支付點數 15713，限病患需施行全身骨骼掃描時，無法取得 Tc-99m 時申報。

骨骼由礦物基質、膠原蛋白 (collagen)、細胞外基質和各種骨襯細胞 (bone lining cells) 組成。其中礦物基質由羥基磷灰石鈣 (calcium hydroxyapatite) 組成。 ^{18}F -NaF 在骨骼中的吸收機制與 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 相似。氟離子 (F^-) 吸附在羥基磷灰石表面後，氟離子 (F^-) 與晶體中的羥基 (OH^-) 離子交換，形成氟磷灰石 (fluoroapatite)。作用化學式如下所示：



成骨細胞活性與骨組織中 ^{18}F -NaF 的沉積之間存在線性關係，因此也與 PET 掃描影像中的信號強度存在線性關係。影響攝取的另一個因素是血液流動，高度血管新生 (Hyper vascularization) 使得骨骼組織中有較高的 ^{18}F -NaF 攝取。 ^{18}F -NaF 可自由擴散穿過細胞膜在骨骼中的攝取取決於血流，由於在血液中與蛋白質結合的比例可以忽略不計，在單次血液通過後幾乎所有傳播的 ^{18}F 都被骨骼保留，首渡清除率 (first-pass clearance) 接近 100% [8, 14]。 ^{18}F -NaF 在血漿中清除率非常快，注射後約 1 小時血漿中僅有 10% 的 ^{18}F -NaF 殘留，5 小時血漿濃度僅為每升劑量的 1.1-2.6%，患者的 5 小時累積尿排泄量為 7.4%~24.8% [8, 15]。相對於 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 追蹤劑， ^{18}F -NaF 與骨骼結合吸收速度和血漿清除速度都更為快速。

技術指引

氟-18 氟化鈉 ^{18}F -NaF 參與骨骼鈣鹽代謝，隨著 PET/CT 掃描儀發展，CT 解剖影像的引入、CT 衰減修正、比 SPECT 更好的影像品質、更快的結合吸收速度和血漿清除速度等優勢下， ^{18}F -NaF PET/CT 骨骼掃描可能在未來評估各種骨骼病變中發揮重要作用。目前美國核子

醫學會 (Society of Nuclear Medicine, SNM) 與歐洲核子醫學會 (European Association of Nuclear Medicine, EANM) 都有提出相關的 ^{18}F -NaF 骨骼掃描程序指引 (procedure guidelines) [16, 17]，本文基於相關文獻及兩會程序指引中技術指引部分，總括簡介如下。

病人準備

^{18}F -NaF 骨骼掃描受檢者不需要禁食並且可以服用所有常用的藥物。

^{18}F 經由腎小球濾過和腎小管分泌，迅速從血漿中清除並被泌尿系統排出。泌尿系統中 ^{18}F 的清除率與尿流率有關，清除率為高尿流率期間腎小球濾過率 (Glomerular Filtration Rate, GFR) 的 60% 至 90%，低尿流期間 GFR 的 5%。所以建議受檢者應充分補充水分 (hydrated)，以促進放射性藥物的快速排泄，以減少輻射劑量並改善影像品質。EANM 與 SNMM 的指引中都建議除非有禁忌症，否則受檢者應在檢查前 1 小時內飲用兩杯或 224 毫升的水，並在 ^{18}F -NaF 注射後再喝兩杯或 224 毫升的水 [16, 17]。檢查完成後也應該鼓勵受檢者多喝水以加速放射性追蹤劑排出。由於是經由尿液排泄，上台掃描前應先請受檢者將膀胱中的尿液排空。

注射追蹤劑放射活性

氟-18 氟化鈉 ^{18}F -NaF 通過直接靜脈注射。SNM 與 EANM 建議注射活性為：成人注射活性為 185-370 MBq (5-10 mCi) 或依照體重 1.5-3.7 MBq/kg。若為肥胖受檢者，可以使用高活性 370 MBq (10 mCi)。兒童注射活性應以體重為基礎，2.22 MBq/kg (0.06 mCi/kg)，注射活性的上下限值為 18.5-185 MBq (0.5-5 mCi)。注射過高活性劑量，不會使診斷敏感度或準確度提高，過低活性劑量則無法進行適當的影像檢查，都應被視為不必要的輻射暴露。另外，也應考量掃描儀器及現場實際情形決定注射活性。

影像掃描

在腎功能正常的受檢者中，由於 ^{18}F -NaF 快速被骨骼攝取和在血液中的迅速清除，在注射放射性藥物約 30-45 分鐘後即可開始獲得軸向骨骼影像。然而要獲得較好影像品質的四肢骨骼影像，必須等待更長時間，大約為注射放射性藥物 90-120 分鐘，可進行上肢和下肢的影像掃描。SNM 的指引中建議在 ^{18}F -NaF 注射後的 90-120

分鐘進行全身骨骼掃描。

掃描期間的手臂位置取決於檢查的需求，手臂放在身體兩側或上舉皆可。應給予受檢者適當的支撐與固定，避免檢查期間受檢者移動造成動作假影。

每個床位的採集時間將根據注射的放射活性，攝取時間，體重指數，患者的身體狀況和掃描儀系統敏感度等因素而變化。SNM 的指引中建議在體重指數正常的受檢者中，注射 185 MBq (5 mCi) 的 ¹⁸F-NaF 後 45 分鐘開始，以 3 分鐘 / 床位進行掃描，可獲得良好的軸向骨骼影像；注射 370 MBq (10 mCi) 的 ¹⁸F-NaF 後 2 小時開始 3 分鐘 / 每個床位的採集時間，可獲得良好的全身骨骼影像。

CT 影像可用於於 PET 影像的衰減校正和提供定位資訊，還可以對骨骼異常的影像表徵提供診斷參考。研究報告顯示，在骨骼轉移的受檢者中，¹⁸F-NaF PET 相對 ^{99m}Tc 平面骨骼掃描影像的敏感度有所改善。CT 的加入也提高了 ¹⁸F-NaF PET 的特異性 [2, 18]。EANM 與

SNMM 的指引中都建議 PET/CT 中的 CT 電腦斷層掃描條件應考量合理抑低 ALARA 原則。EANM 的指引中建議，通常 CT 設定條件管電流為 30 mA，電壓 120 kVp，轉速 0.5 s / 圈，螺距為 1 即足以進行衰減校正和定位 [17]。

影像重建處理條件可參照同一台 PET/CT 儀器在進行 ¹⁸F-FDG 全身掃描時的影像重建處理條件設定。

Hawkins 法

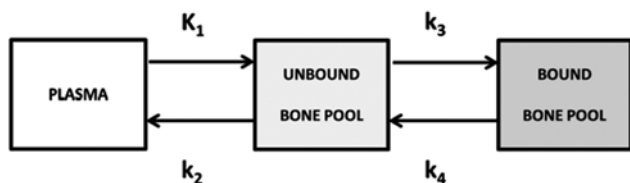
EANM 的指引中提到 Hawkins 等人首次描述的 ¹⁸F-NaF PET 動態掃描方法 [19]。這是第一種測量骨質血漿清除率 (bone plasma clearance) 而不是骨吸收量 (bone uptake) 的核醫影像技術，此方法也被其他研究採用 [20-23]。Hawkins 法，將 10 ml 的 ¹⁸F-NaF 追蹤劑注射 (bolus injection) 入人體，進行持續 60 分鐘的單一床段 PET 動態掃描，程序與參數如下表一所述 [17]。

表一：Hawkins 法掃描程序與參數 [17]

Acquisition	60 min dynamic study on PET/CT scanner
Scan mode	2D or 3D
Frame times:	24 × 5 sec 4 × 30 sec 14 × 240 sec
Patient preparation:	Patient should be well hydrated and comfortable on scan table
CT scout scan:	10 mA at 120 kVp
Patient positioning:	Spine: L1-L4 including bottom of T12 and top of L5 Hip: 1 cm above acetabulum to mid femoral shaft
Injected activity:	90 MBq (lumbar spine) or 180 MBq (hip) ¹⁸ F-NaF in 10 ml saline
Injection protocol:	T0: Start dynamic scan T0 + 10 s: Start injection of ¹⁸ F-NaF T0 + 20 s: Finish injection. Follow with 10 mL saline flush T0 + 30 s: Finish saline flush
Blood sampling (for semi-population arterial input function)	Venous blood samples (1.5 mL) from opposite arm to injection at 30, 40, 50, and 60 min
Reconstruction parameters	Matrix size: 128 × 128 Reconstruction: Filtered back projection Attenuation correction: From CT image Transaxial filter: Hanning 6.3 mm Random correction: Correction from singles Dead time correction: Yes Scatter correction: Yes

骨骼 ROI 受限於 PET/CT 掃描儀單一床段掃描，只能選擇 FOV 大小之內的骨骼，例如腰椎 (L1-L4)，或骨盆。為了測量骨血漿清除率 (bone plasma clearance)，還需要獲得動脈輸入函數 (arterial input function, aIF)，aIF 可以通過使用影像中腹主動脈 ROI 導出的輸入函數 (input function) 或由注射後 30-60 分鐘採取靜脈血樣修正校準的群體衍生曲線 (population derived curve) 獲得。動態 PET 掃描的目的在獲得注射後 60 分鐘期間，骨骼 ROI 和動脈血中 ^{18}F -NaF 的時間活性曲線 (TAC)。兩條曲線都以 ^{18}F 半衰期做衰變修正 (decay correction) 至注射時間點。然後使用圖一所示的代謝動力學隔室模型 (compartmental model) 分析這些曲線，以找到到骨組織的有效骨血漿流量 (effective bone plasma flow to bone tissue, K_1) 和到骨骼隔室的血漿清除率 (plasma clearance to the bone mineral compartment, k_i)。在霍金斯模型中，速率常數 K_1 描述了 ^{18}F -NaF 從血漿到未結合的骨池的清除率， k_2 表示從未結合的骨池反向轉移回血漿， k_3 從未結合的骨池向前運輸到骨組織， k_4 表示骨組織逆回流未結合的骨池。表示 ^{18}F -NaF 與骨礦物質的血漿清除率的參數 K_i 由以下算式計算 [19, 23]：

$$K_i = K_1 \times k_3 / (k_2 + k_3) \text{ mL min}^{-1}\text{mL}^{-1}$$



圖一：Hawkins 隔室模型用於分析 ^{18}F -NaF PET 動態骨掃描 [17, 19]

Hawkins 法的缺點是，受限於單一床段動態掃描，單次注射 ^{18}F -NaF 只能在骨架中一個選定的位置進行，因此測量限於 PET 掃描儀的有限視野。與霍金斯法所需的 60 分鐘掃描相比，一般全身掃描 SUV 測量的優勢在測量位置僅需要短的 (2 - 5 分鐘) 靜態掃描，通過一系列靜態掃描，可以在時間活性曲線 (TAC) 僅緩慢變化的時期內測量大部分骨骼上的 SUV [23]。

輻射劑量

^{18}F 的有效劑量為 0.024 mSv / MBq (0.089 mrem /

mCi)，相對的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 的有效劑量為 0.0057 mSv/MBq (0.021 rem/mCi)。若注射 ^{18}F -NaF 370 MBq (10 mCi)，有效劑量為 8.9 mSv (0.89 rem)。注射 925 MBq (25 mCi) 的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP，有效劑量為 5.3 mSv (0.53 rem)。兩者的比較如下表二所示 [24, 25]。 ^{18}F -NaF 注射後，最大劑量器官為膀胱壁，膀胱壁輻射劑量的變化與排空間隔的變化幾乎呈現線性關係，因此 2.0 小時排尿間隔的膀胱壁劑量為 3.5 小時排尿間隔情況下的 2 / 3.5 倍。鼓勵受檢者多喝水並且多排尿，可以有效降低受檢者所吸收的輻射劑量。

由 Russell 等人的研究，懷孕或潛在懷孕的受檢者 ^{18}F -NaF 對胎兒的劑量估計如表三所示 [26]。

相對的 Russell 等人的研究中 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 對胎兒的劑量估計如表四所示 [26]。

國際放射防護委員會 (International Commission on Radiological Protection, ICRP) 第 106 號出版物附錄 D，未提及關於 ^{18}F -氟化物中斷喂養母乳的建議。SNM 與 EANM 的指引中建議，受檢婦女不需要中斷哺乳。孕婦應避免涉及游離輻射的檢查，除非潛在的益處超過對母親和胎兒的輻射風險。

臨床應用

偵測惡性腫瘤骨骼轉移

骨骼轉移是惡性腫瘤轉移最常見的部位之一，骨轉移可以是溶骨性、成骨性或混合的。在惡性腫瘤中，乳腺癌和前列腺腫瘤最有可能轉移到骨骼，其次是甲狀腺，腎臟和肺部腫瘤 [27]。癌症初期骨骼侵犯的發生率通常較低，癌症晚期或復發性疾病患者的發生骨骼轉移的機率較高。腫瘤骨骼轉移的併發症包括疼痛、病理性骨折、高鈣血症、脊髓壓迫和骨髓抑制等。正確的骨骼轉影像分期對於受檢者的照護與治療計劃是非常重要的臨床資訊。

傳統 ^{18}F -FDG PET 被廣泛用於許多癌症分期的常規影像檢查。 ^{18}F -FDG PET 對高代謝腫瘤和溶骨性骨轉移腫瘤病灶的檢測具有高敏感度和特異性，但對於一些緩慢生長或成骨細胞骨病灶的偵測敏感度有限 [12]。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 骨骼掃描對純溶骨性病灶的敏感度有限，對脊柱退行性變化之類的病變特異性較差 [28, 29]。近年來研究發現 ^{18}F -Na PET 骨骼掃描與平面 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 骨骼掃描相比，在偵測包括乳腺癌、肺癌和前列腺癌的骨轉移病灶方面，

表二：¹⁸F-NaF 與 ^{99m}Tc-MDP 的注射活性與輻射劑量比較

Patient	Intravenous Administered Activity MBq (mCi)	Organ Receiving the Largest Radiation Dose mGy/MBq (rad/mCi)	Effective Dose mSv/MBq (rem/mCi)
¹⁸ F-NaF			
Adult	185-370 MBq (5-10 mCi)	0.22 mGy/MBq Bladder* (0.81 rad/mCi)	0.024 mSv/MBq (0.089 rem/mCi)
Child (5 y old)	2.22 MBq/kg (0.06 mCi/kg)	0.61 mGy/MBq Bladder* (2.3 rad/mCi)	0.086 mSv/MBq (0.32 rem/mCi)
^{99m} Tc-MDP			
Adult	740-1,110 MBq 20-30 mCi	0.063 mGy/MBq Bone Surfaces (0.23 rad/mCi)	0.0057 mSv/MBq (0.021 rem/mCi)
Child (5 y old)	7-11 MBq/kg (0.2-0.3 mCi/kg)	0.22 mGy/MBq Bone Surfaces (0.81 rad/mCi)	0.025 mSv/MBq (0.092 rem/mCi)

表三：¹⁸F-NaF 對胎兒的劑量估計

Stage of Gestation	Fetal Dose mGy/MBq (rad/mCi)	Fetal Dose mGy (rad)
Early	0.022 mGy/MBq (0.081 rad/mCi)	4.1-8.1 mGy (0.41-0.81 rad)
3 months	0.017 mGy/MBq (0.063 rad/mCi)	3.1-6.3 mGy (0.31-0.63 rad)
6 months	0.0075 mGy/MBq (0.028 rad/mCi)	1.4-2.8 mGy (0.14-0.28 rad)
9 months	0.0068 mGy/MBq (0.025 rad/mCi)	1.3-2.5 mGy (0.13-0.25 rad)

表四：^{99m}Tc-MDP 對胎兒的劑量估計

Stage of Gestation	Fetal Dose mGy/MBq (rad/mCi)	Fetal Dose mGy (rad)
Early	0.061 mGy/MBq (0.023 rad/mCi)	1.1-2.3 mGy (0.11-0.23 rad)
3 months	0.054 mGy/MBq (0.020 rad/mCi)	1.0-2.0 mGy (0.10-0.20 rad)
6 months	0.0027 mGy/MBq (0.010 rad/mCi)	0.5-1.0 mGy (0.050-0.10 rad)
9 months	0.0024 mGy/MBq (0.0089 rad/mCi)	0.44-0.89 mGy (0.044-0.089 rad)

具有更高的敏感度和特異性。Schirrmeyer 等人的研究中 [29]，針對 44 例原發性前列腺癌、肺癌或甲狀腺癌患者的骨轉移情況發現 ¹⁸F-Na PET 在 15 例患者中正確檢測到 96 個轉移病灶，而平面 ^{99m}Tc-MDP 骨骼掃描在 13 例患者中僅發現 46 個轉移病灶，每個病灶 ROC 曲線 (Receiver Operating Characteristic) 下的面積 AUC 值 (Area Under Curve, AUC) 分別改善 0.99 和 0.64，其中以脊柱和骨盆中的病灶偵測率改善最多。Withofs 等人比較 ¹⁸F-Na PET/CT 和 ^{99m}Tc-MDP SPECT 用於 34 例乳腺癌或前列腺癌患者的檢查，¹⁸F-Na PET/CT 可在 33 例患者中正確診斷 32 例，而 ^{99m}Tc-MDP SPECT 骨骼掃描的 31 例患者中正確診斷 28 例 [30]。Ilan Leibovitch 等人評估了 44 例高風險前列腺癌患者以 ¹⁸F-Na PET、¹⁸F-Na PET/CT，^{99m}Tc-MDP 平面掃描和 ^{99m}Tc-MDP SPECT 檢查。其中 ^{99m}Tc-MDP 平面掃描的敏感度 70%、特異性 57%，而 ^{99m}Tc-MDP SPECT 的敏感度和特異性分別為 92% 和 82%。對於 ¹⁸F-Na PET 單獨掃描的敏感度和特異性分別為 100% 和 62%，¹⁸F-Na PET/CT 的敏感度和特異性分別為 100% 和 100%。單獨使用 ¹⁸F-Na PET 在檢測骨轉移方面顯示出比 ^{99m}Tc-MDP 骨骼掃描更高的敏感度，但其特異性則較低，若 ¹⁸F-Na PET 結合 CT 的 PET/CT 掃描可以將特異性顯著提高至 100 (P < .001) [2]。

良性病變

¹⁸F-Na PET/CT 亦可使用在良性骨病變的診斷。相關應用包含了：診斷感染（例如骨髓炎）、關節炎診斷、創傷和隱性骨折診斷、評估骨骼活性、代謝性骨病診斷、骨壞死早期診斷等。

感染

最常見的感染性骨病變包括骨髓炎和手術部位感染。核子醫學檢測骨髓炎最常用的檢查是三相骨骼掃描 (three-phase bone scintigraphy)，其中包括血流量相 (blood flow phase)，血池相 (blood pool) 及延遲相 (delayed phase)。注射 ^{99m}Tc-MDP 後立即掃描血流相，幾分鐘後開始掃描血池相，並在 2-4 小時後進行延遲相掃描。¹⁸F-NaF 和 ^{99m}Tc-MDP 兩者代謝行為相似，但是 ¹⁸F-NaF 的血漿清除率更為快速，在 ¹⁸F-NaF 注射後 10 分鐘內可以獲得 ^{99m}Tc-MDP 三相骨掃描中灌注和血池相顯示的相同信息。Freesmeyer 等人分析了 ¹⁸F-NaF 早期分佈與慢性骨髓炎之間的關係 [31]，他們以 1 frame/15 sec 收 4 組影像，以 1 frame/60 sec 收 4 組影像，11 位患者各自掃描 5 分鐘，然後圈選 ROI 以測量 SUVmax 和 SUVmean 值。在 ¹⁸F-NaF 注射後 31 至 45 秒掃描的影像上圈選獲得早期動態 SUV (ed-SUV) 的最大值 (edSUVmax) 和平均值 (edSUVmean)，病灶區與對側正常區域的 SUV 差異具有統計學意義 (P < 0.05)，表明 ¹⁸F-NaF 動態骨骼掃描的 SUV 定量分析對慢性骨髓炎診斷具有重要的診斷價值。

手術部位感染通常發生在關節置換手術後。目前關節成形術感染率低於 1%。然而，一旦發生感染，治療極其困難。臨床通常是採用 X 光片做為檢查方式。Duff 等人研究顯示 X 光片其主要功能是排除關節置換後的無菌性鬆動，對於手術後感染的診斷敏感度與特異性不足 [32]。1976 年 Hans Creutzig 首次證實了 ¹⁸F-NaF 在關節置換感染中的價值 [33]。2011 年 Naomi Kobayashi 等人進行一項前瞻性研究，以診斷無菌性鬆動 (aseptic loosening) 和感染。在注射 185 MBq 的 ¹⁸F-NaF 40 分鐘後進行掃描，測量植入物周圍組織中的 SUV_{max}，區分正常、無菌鬆動和感染。正常、無菌性鬆動和感染植入物的平均值分別為 4.9±2.5, 8.1±2.9 和 10.5±3.4。Olu Adesanya 等人在文獻回顧中提到 ¹⁸F-NaF PET 對關節置換感染的敏感度為 97.04% [34]。

關節炎

骨骼中氟化物吸收增加的另一個原因是關節炎，泛指由人體關節及周圍組織中因為發炎感染、創傷或其他因素引起發炎疾病，包括退化性關節炎，僵直性脊椎炎等。退化性關節炎 (Osteoarthritis, OA) 是一種慢性關節疾病，其特徵在於關節軟骨退化和骨質增生。退化性關節炎通常發生在大關節，如膝蓋和臀部，以及脊椎關節。僵直性脊椎炎 (Ankylosing spondylitis, AS) 是一種以骶髂關節和脊柱附著點發炎為特徵的疾病。這種疾病的主要症狀是發炎性腰酸。

Kobayashi 等人針對 48 個髖關節炎患者 65 個關節，利用 Kellgren 和 Lawrence 分級和最小關節間隙進行影像評估，並測量了每個關節的 SUV_{max} 用來評估 SUV_{max}、X 光影像及臨床表現的相關性。結果顯示，¹⁸F-NaF 對進展期 (progressive-stage) 退化性關節炎病例的 SUV 值顯著高於早期 (early-stage) 病例。有嚴重疼痛的早期階段退化性關節炎患者，即使在 X 光片上沒有顯示關節間隙變窄，依然明顯的有更高的攝取值，顯著疼痛和輕微疼痛的 SUV 值之間存在明顯的統計差異 (P < 0.0001) [35]。Fischer 等人使用雙盲法評估了 ¹⁸F-NaF PET/CT 和 MRI 在診斷僵直性脊椎炎 (Ankylosing spondylitis, AS) 和骶髂關節脊髓水腫方面的差異。結果顯示 MRI 檢測到更多的脊柱病變 (68 對 38)，但是 ¹⁸F-NaF PET/CT 可提供比 MRI 更多的額外評估資料，例如：當脊髓水腫輕微時，相鄰椎體的骨代謝可能異常

[36]。MRI 在發炎階段表現出高度特異性，¹⁸F-NaF PET/CT 可以檢測到新骨形成的合成代謝修復過程，不只可以顯示發炎期間高攝取，而且還顯示發炎修復階段的病變 [37]。

創傷

目前針對骨骼創傷在臨床上主要是以 X 光片為主要檢查工具，CT 電腦斷層掃描用於複雜骨折或是常規 X 光片上不可見的隱匿性骨折，但是傳統 X 光片和 CT 對於皮質或骨小樑的輕微骨折不易進行診斷 [38, 39]，需藉由其他方式檢查。隱匿性骨折的診斷對於臨床治療非常重要，若延遲治療可導致嚴重的併發症，例如骨壞死或功能受損。受虐兒童很常見到骨質損害，但嬰兒骨骼有機質含量高、可塑性高，傳統的 X 光片和 CT 可能無法檢測到骨折的跡象 [40, 41]。Laura 等人對 22 名 2 歲以下受虐兒童進行了 ¹⁸F-NaF PET 和 X 光片檢查，以評估其骨損傷情況，¹⁸F-NaF PET 確定共有 200 個骨折，而 X 光片骨檢查僅發現 156 個骨折。其中 ¹⁸F-NaF PET 檢測所有骨折的敏感度為 85%，對於胸骨包含肋骨、胸骨、鎖骨和肩胛骨骨折的敏感度為 92%、對後肋骨骨折敏感度 93%，對於檢測典型骨幹骺端病灶 (classic metaphyseal lesions, CMLs) 敏感度 67%，X 光片總體敏感度 72%，檢測典型骨幹骺端病灶敏感度 80% 較優，其餘敏感度皆不如 ¹⁸F-NaF PET。

骨移植

骨移植 (bone grafts) 採取同種異體移植骨移植物，用於替換切除的骨骼以維持肢體穩定和功能完整性，這些包括海綿骨移植 (cancellous bone transplantation) 和全骨移植 (total bone transplantation) [42]。Winfried Brenner 等人 34 例海綿骨移植和全骨移植患者進行了 52 次動態 ¹⁸F-NaF PET 研究，結果顯示，海綿骨移植術後 6-12 個月的骨骼代謝減少了 25%，兩年後 SUV 總量減少了 60-65%。全骨移植在前 6-12 個月內氟化物代謝增加 20%，並在兩年後減少到初始活動的 70% [43]。Gösta Ullmark 等人使用 ¹⁸F-NaF PET/CT 分析 7 例接受髌骨移植的癒合情況，在術後 1 週，4 個月和 12 個月相比，X 光片尚無明顯變化，PET SUV 則分別增加了 77%，91% 和 20% [44]。證實了 ¹⁸F-NaF PET/CT 是一種有效偵測植入骨存活性工具。

良性腫瘤和骨樣病變

良性骨腫瘤和骨樣病變是相對常見的骨病變，包括骨纖維瘤、腔室骨囊腫、骨內巨大細胞瘤、腱鞘囊腫、嗜酸性粒細胞腫脹和骨梗塞 (bone infarction) 之類。傳統 X 光影像檢查通過形態學特徵來推斷良性或惡性腫瘤，但無法確診良性骨腫瘤和骨樣病變，仍需要通過惡性疾病的病理檢查來排除。部分研究結果表示 ^{18}F -NaF 骨掃描比 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 骨掃描在診斷骨骼中的良性和惡性病變方面，有更高的敏感度和準確性 [45-48]， ^{18}F -NaF 在非典型骨腫瘤和骨樣病變具有重要診斷價值。骨樣骨瘤又稱為海綿性骨瘤 (Osteoid osteoma) 骨質呈海綿狀伴隨疼痛，是一種常見的良性成骨性骨腫瘤，病因不明，年輕男性發病率高。骨樣骨瘤因為很容易被周圍組織中的水腫隱藏，骨樣骨瘤的精確位置可能難以檢測 [49]。相對的用 ^{18}F -NaF PET/CT 掃描可以藉由骨樣骨瘤病灶的高追蹤劑攝取形成熱區來發現病灶，並配合 CT 解剖資訊相結合準確定位病灶位置 [50, 51]。

代謝性骨病

代謝性骨病是指由先天性或後天性因素引起的骨病或破壞或干擾正常的骨骼代謝和生化狀態，導致骨生化代謝紊亂。發病機制包括骨吸收異常，骨生長和礦物質沉積。可能是由於骨生成增加、鈣化異常，在傳統 X 光片或 CT 影像中呈現出骨骼礦物質密度異常。Morand Piert 等人用 ^{18}F -NaF PET/CT 測量健康豬的局部骨血流量與骨代謝的靜態和動態指標測包含的 ^{18}F -NaF 流入量 K_1 、流出量 k_2 、 ^{18}F -NaF 的 k_3 和反向轉運 k_4 等的動力學速率常數進行相關性分析。結果顯示，礦物沉積率與 K_i ($P < 0.005$)， K_{flux} ($P < 0.01$)， K_{pat} ， K_1 和血流估計值 f ($P < 0.05$) 之間存在顯著相關性。 ^{18}F 可以定量評估健康豬的骨組織血流量和代謝活動，並得出結論： ^{18}F -NaF 骨骼檢查可提供骨代謝活動的定量估算，這些定量值與小型豬正常骨組織中骨骼形成的指標相關，因此可以合理地假設 ^{18}F -NaF PET 應用於代謝性骨病患者的追蹤 [52]。

骨骼佩吉特氏病 (Paget's Disease of Bone) 又稱為畸形性骨炎，是一種由骨骼代謝紊亂引起類似於退化的慢性骨瘤，可導致骨腫脹，畸形和力量減弱，隨後引起骨痛、關節炎、畸形和骨折。患者的骨骼不斷流失鈣和其他構成骨的物質，骨髓漸漸被纖維組織和增生的血管代替。目前二磷酸鹽 (bisphosphate) 被用於治療佩吉特氏

病，臨床醫生通常通過測量骨吸收或形成的血液或尿液標誌物 (如鹼性磷酸酶) 來評估治療效果。Installe J 等人使用 ^{18}F -NaF PET/CT 對 14 名佩吉特氏病患者的二磷酸鹽治療效果，與正常骨相比，患病骨的 ^{18}F -NaF 攝取顯著增加，並且用二磷酸鹽治療 1~6 個月後患者的 ^{18}F -NaF 攝取顯著減少，SUVmax 與動力學指數以相同的方式變化，表明 ^{18}F -NaF PET/CT 可用於二磷酸鹽對佩吉特氏病治療效果的檢測 [53]。Cook 等人對 7 個脊椎佩吉特氏病患者動態 ^{18}F -NaF PET/CT 掃描，使用三室四參數模型和非線性回歸分析來估計骨動力學指數。與正常骨相比，患病骨表現出較高的血漿清除率與骨礦物質的關係 (K_i ; 1.03×10^{-1} 對 0.36×10^{-1} ml / min/ml; $p = 0.018$) 和清除總骨組織 (K_1 ; 2.38×10^{-1} 對 1.25×10^{-1} ml/min/ml; $p = 0.018$)，分別反應了礦物質化和血流增加，從骨礦物質 (k_4) 釋放的 ^{18}F -NaF 在飽和骨中較低 ($p = 0.022$)，表明 ^{18}F -NaF 與骨礦物質的結合更緊密，進入纖維化骨髓空間的 ^{18}F -NaF 不容易返回血漿。這些發現證實了一些已知的佩吉特氏病的病理生理學並展示了動態 ^{18}F -NaF PET 在確定局灶性骨病的區域代謝參數方面具有價值 [54]。

腎因性骨發育不全 (renal osteodystrophy) 或稱腎骨失養症是一種因諸多礦物質代謝異常因子所影響，依骨週轉率、骨礦化程度以及骨容積等三方面之變化組合後在個別病人有不同表現。臨床上建議腎骨失養症患者每年進行一次骨代謝活動測量，以監測腎骨失養症患者的骨代謝情況並評估療效。Cristina 等人對 11 例腎骨失養症患者進行了 ^{18}F -NaF PET 掃描評估骨代謝活動，使用三室模型和 Patlak 圖形分析計算氟離子淨進入骨中結合區室的速率常數 (K)，並將 11 名健康成人作為對照。結果顯示 K 值與血清鹼性磷酸酶 ($r = 0.81$)、PTH ($r = 0.93$)、骨形成率的組織形態學指標 ($r = 0.84$, $P < 0.01$) 和侵蝕周長 ($r = 0.77$, $P < 0.05$) 高度相關。 ^{18}F -NaF PET/CT 可以區分高週轉性骨病 (high turnover bone disease) 和低週轉性骨病 (lower turnover bone disease)，並提供與組織形態學數據相關的骨細胞活性定量估計 [55]。

骨質疏鬆症是一種常見的全身代謝性骨病，常見於絕經後婦女和老年男性，其特徵是每單位體積骨量減少和骨微結構改變，嚴重時會發生骨折影響生活。Siddikque 等人研究了 20 名使用二磷酸鹽和 18 名使用 Teriparatide 治療停經後骨質疏鬆症的女性。注射後 30-60 分鐘的靜態掃描 K_i 測量值與 Patlak 結果高度相

關 ($r > 0.99$)。靜態掃描方法的變異係數 %CV 在注射後 30 分鐘為 17.5%，在 60 分鐘時降至 14.5%，而 Patlak 分析為 13.0%。靜態掃描方法對特立帕肽治療的反應為 + 25.2%，而 Patlak 分析為 + 24.3%。靜脈掃描和 Patlak Ki 結果的平均比率 (SD) 在注射後 30 分鐘時為 1.006 (0.015)，在 60 分鐘時降至 0.965 (0.015)，證實 ¹⁸F- 氟離子骨血漿清除率可通過靜態掃描和注射後 30-60 分鐘採集的靜脈血樣進行估算。¹⁸F-NaF PET/CT 可用於簡單診斷疾病，分析療效和預後，並協助開發新的藥物 [56]。

結 論

氟 -18 氟化鈉 ¹⁸F-NaF 參與骨骼鈣鹽代謝，隨著 PET/CT 不斷發展、健保開放有條件給付、國際上鉬 -99/ 鎳 -99m 滋生器短缺的情況下再次受到核子醫學界的關注。¹⁸F-NaF 的正常骨吸收量是 ^{99m}Tc-MDP 的兩倍以上，當骨轉換增加時，¹⁸F-NaF 的相對攝取量更高，¹⁸F-NaF 能更快地從血池中清除。目前，¹⁸F-NaF PET/CT 主要應用在惡性腫瘤骨骼轉移的偵測，在良性骨病的診斷和治療效果評估方面的研究也具有很大的潛在價值。僅以本文統整 SNM 與 EANM 的 ¹⁸F-NaF 骨骼掃描程序指引和相關研究文獻，提供同業參考。

參考資料

1. Chan, S.-C., et al., *Utility of 18F-fluoride PET/CT and 18F-FDG PET/CT in the detection of bony metastases in heightened-risk head and neck cancer patients*. Journal of Nuclear Medicine, 2012; p. jnumed. 112.104893.
2. Ilan Leibovitch, M., *The detection of bone metastases in patients with high-risk prostate cancer: 99mTc-MDP Planar bone scintigraphy, single-and multi-field-of-view SPECT, 18F-fluoride PET, and 18F-fluoride PET/CT*. J Nucl Med, 2006. 47: p. 287-297.
3. Savelli, G., et al., *Bone scintigraphy and the added value of SPECT (single photon emission tomography) in detecting skeletal lesions*. QJ Nucl Med, 2001. 45(1): p. 27-37.
4. Ballinger, J. R., *99Mo shortage in nuclear medicine: crisis or challenge?* Journal of Labelled Compounds and Radiopharmaceuticals: The Official Journal of the International Isotope Society, 2010. 53(4): p. 167-168.
5. Gould, P., *Medical isotope shortage reaches crisis level*. 2009, Nature Publishing Group.
6. Van Noorden, R., *Radioisotopes: The medical testing crisis*. Nature News, 2013. 504(7479): p. 202.
7. Blau, M., W. Nagler, and M. Bender, *Fluorine-18: a new isotope for bone scanning*. J. Nuclear Med., 1962. 3.
8. Czernin, J., N. Satyamurthy, and C. Schiepers, *Molecular mechanisms of bone 18F-NaF deposition*. Journal of nuclear medicine: official publication, Society of Nuclear Medicine, 2010. 51(12): p. 1826.
9. Grant, F. D., et al., *Skeletal PET with ¹⁸F-Fluoride: Applying New Technology to an Old Tracer*. Journal of nuclear medicine, 2008. 49(1): p. 68.
10. Beheshti, M., W. Langsteger, and I. Fogelman. *Prostate cancer: role of SPECT and PET in imaging bone metastases*. in *Seminars in nuclear medicine*. 2009. Elsevier.
11. Ben-Haim, S. and O. Israel. *Breast cancer: role of SPECT and PET in imaging bone metastases*. in *Seminars in nuclear medicine*. 2009. Elsevier.
12. Chua, S., G. Gnanasegaran, and G.J. Cook. *Miscellaneous cancers (lung, thyroid, renal cancer, myeloma, and neuroendocrine tumors): role of SPECT and PET in imaging bone metastases*. in *Seminars in nuclear medicine*. 2009. Elsevier.
13. 魏孝萍, et al., *國內醫院調製正子掃描造影藥物管理法規回顧與展望*, 食品藥物研究年報, 2016(7): p. 301-306。
14. Wootton, R. and C. Dore, *The single-passage extraction of 18F in rabbit bone*. Clinical Physics and Physiological Measurement, 1986. 7(4): p. 333.
15. Weber, D., et al., *Kinetics of radionuclides used for bone studies*. 1969, Sloan-Kettering Inst. for Cancer Research, New York. Memorial and James...
16. Segall, G., et al., *SNM practice guideline for sodium 18F-fluoride PET/CT bone scans 1.0*. J Nucl Med, 2010. 51(11): p. 1813-1820.
17. Beheshti, M., et al., *18F-NaF PET/CT: EANM procedure guidelines for bone imaging*. European journal of nuclear medicine and molecular imaging, 2015. 42(11): p. 1767-

- 1777.
18. Even-Sapir, E., et al., *Assessment of malignant skeletal disease: initial experience with 18F-fluoride PET/CT and comparison between 18F-fluoride PET and 18F-fluoride PET/CT*. Journal of Nuclear Medicine, 2004. 45(2): p. 272-278.
 19. Hawkins, R. A., et al., *Evaluation of the skeletal kinetics of fluorine-18-fluoride ion with PET*. Journal of Nuclear Medicine, 1992. 33(5): p. 633-642.
 20. Frost, M. L., et al., *Differential effects of teriparatide on regional bone formation using 18F fluoride positron emission tomography*. Journal of Bone and Mineral Research, 2011. 26(5): p. 1002-1011.
 21. Frost, M. L., et al., *A Prospective Study of Risedronate on Regional Bone Metabolism and Blood Flow at the Lumbar Spine Measured by 18F Fluoride Positron Emission Tomography*. Journal of Bone and Mineral Research, 2003. 18(12): p. 2215-2222.
 22. Schiepers, C., et al., *Fluoride kinetics of the axial skeleton measured in vivo with fluorine-18-fluoride PET*. Journal of Nuclear Medicine, 1997. 38(12): p. 1970-1976.
 23. Cook, G. J., et al., *Non-invasive assessment of skeletal kinetics using fluorine-18 fluoride positron emission tomography: evaluation of image and population-derived arterial input functions*. European journal of nuclear medicine, 1999. 26(11): p. 1424-1429.
 24. Valentin, J., *Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals: (Addendum 2 to ICRP Publication 53) ICRP Publication 80 Approved by the Commission in September 1997*. Annals of the ICRP, 1998. 28(3): p. 1-1.
 25. Mattsson, S., et al. *Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals*. in *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, September 7-12, 2009, Munich, Germany*. 2009. Springer.
 26. Russell, J. R., et al., *Radiation absorbed dose to the embryo/fetus from radiopharmaceuticals*. Health physics, 1997. 73(5): p. 756-769.
 27. Rubens, R. D., *Bone metastases: incidence and complications*. Cancer and the Skeleton. London: Martin Dunitz, 2000: p. 33-42.
 28. Uchida, K., et al., *18F-FDG PET/CT for diagnosis of osteosclerotic and osteolytic vertebral metastatic lesions: comparison with bone scintigraphy*. Asian spine journal, 2013. 7(2): p. 96-103.
 29. Schirrmester, H., et al., *Sensitivity in detecting osseous lesions depends on anatomic localization: planar bone scintigraphy versus 18F PET*. Journal of Nuclear Medicine, 1999. 40(10): p. 1623-1629.
 30. Withofs, N., et al., *18F-fluoride PET/CT for assessing bone involvement in prostate and breast cancers*. Nuclear medicine communications, 2011. 32(3): p. 168-176.
 31. Freesmeyer, M., et al., *First experience with early dynamic 18 F-NaF-PET/CT in patients with chronic osteomyelitis*. Annals of nuclear medicine, 2014. 28(4): p. 314-321.
 32. Duff, G. P., P. F. Lachiewicz, and S. S. Kelley, *Aspiration of the knee joint before revision arthroplasty*. Clinical Orthopaedics and Related Research®, 1996. 331: p. 132-139.
 33. Creutzig, H., *Bone imaging after total replacement arthroplasty of the hip joint*. European journal of nuclear medicine, 1976. 1(3): p. 177-180.
 34. Adesanya, O., et al., *Review of the role of dynamic 18F-NaF PET in diagnosing and distinguishing between septic and aseptic loosening in hip prosthesis*. Journal of orthopaedic surgery and research, 2015. 10(1): p. 5.
 35. Kobayashi, N., et al., *New application of 18F-fluoride PET for the detection of bone remodeling in early-stage osteoarthritis of the hip*. Clinical nuclear medicine, 2013. 38(10): p. e379-e383.
 36. Fischer, D. R., et al., *High bone turnover assessed by 18F-fluoride PET/CT in the spine and sacroiliac joints of patients with ankylosing spondylitis: comparison with inflammatory lesions detected by whole body MRI*. EJNMMI research, 2012. 2(1): p. 38.
 37. Feldtkeller, E., *Age at disease onset and delayed diagnosis of spondyloarthropathies*. Zeitschrift fur Rheumatologie, 1999. 58(1): p. 21-30.

38. Strobel, K. and R. Vali, *18F NaF PET/CT versus conventional bone scanning in the assessment of benign bone disease*. PET clinics, 2012. 7(3): p. 249-261.
39. Sadineni, R. T., et al., *Imaging patterns in MRI in recent bone injuries following negative or inconclusive plain radiographs*. Journal of clinical and diagnostic research: JCDR, 2015. 9(10): p. TC10.
40. Mandelstam, S., et al., *Complementary use of radiological skeletal survey and bone scintigraphy in detection of bony injuries in suspected child abuse*. Archives of disease in childhood, 2003. 88(5): p. 387-390.
41. Zimmerman, S., et al., *Utility of follow-up skeletal surveys in suspected child physical abuse evaluations*. Child abuse & neglect, 2005. 29(10): p. 1075-1083.
42. Hooten Jr, J. P., et al., *Structural bulk allografts in acetabular reconstruction: analysis of two grafts retrieved at post-mortem*. The Journal of bone and joint surgery. British volume, 1996. 78(2): p. 270-275.
43. Brenner, W., et al., *Assessment of the metabolic activity of bone grafts with 18F-fluoride PET*. European journal of nuclear medicine and molecular imaging, 2004. 31(9): p. 1291-1298.
44. Ullmark, G., J. Sørensen, and O. Nilsson, *Bone healing of severe acetabular defects after revision arthroplasty: a clinical positron emission tomography study of 7 cases*. Acta orthopaedica, 2009. 80(2): p. 179-183.
45. Bhargava, P., M. Hanif, and C. Nash, *Whole-body F-18 sodium fluoride PET-CT in a patient with renal cell carcinoma*. Clinical nuclear medicine, 2008. 33(12): p. 894-895.
46. Gamie, S. and T. El-Maghraby, *The role of PET/CT in evaluation of Facet and Disc abnormalities in patients with low back pain using 18F-Fluoride*. Nuclear Medicine Review, 2008. 11(1): p. 17-21.
47. Hetzel, M., et al., *F-18 NaF PET for detection of bone metastases in lung cancer: accuracy, cost effectiveness, and impact on patient management*. Journal of Bone and Mineral Research, 2003. 18(12): p. 2206-2214.
48. Schirrmester, H., et al., *Anatomical distribution and sclerotic activity of bone metastases from thyroid cancer assessed with F-18 sodium fluoride positron emission tomography*. Thyroid, 2001. 11(7): p. 677-683.
49. Davies, M., et al., *The diagnostic accuracy of MR imaging in osteoid osteoma*. Skeletal radiology, 2002. 31(10): p. 559-569.
50. Drubach, L. A., S. A. Connolly, and E. L. Palmer III, *Skeletal scintigraphy with 18F-NaF PET for the evaluation of bone pain in children*. American Journal of Roentgenology, 2011. 197(3): p. 713-719.
51. Grant, F. D., *18F-fluoride PET and PET/CT in children and young adults*. PET clinics, 2014. 9(3): p. 287-297.
52. Piert, M., et al., *Assessment of porcine bone metabolism by dynamic [18F] fluoride ion PET: correlation with bone histomorphometry*. Journal of Nuclear Medicine, 2001. 42(7): p. 1091-1100.
53. Installé, J., et al., *18F-fluoride PET for monitoring therapeutic response in Paget's disease of bone*. Journal of Nuclear Medicine, 2005. 46(10): p. 1650-1658.
54. Cook, G., et al., *Quantification of Skeletal Kinetic Indices in Paget's Disease Using Dynamic 18F Fluoride Positron Emission Tomography*. Journal of Bone and Mineral Research, 2002. 17(5): p. 854-859.
55. Messa, C., et al., *Bone metabolic activity measured with positron emission tomography and [18F] fluoride ion in renal osteodystrophy: correlation with bone histomorphometry*. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 1993. 77(4): p. 949-955.
56. Siddique, M., et al., *Estimation of regional bone metabolism from whole-body 18F-fluoride PET static images*. European journal of nuclear medicine and molecular imaging, 2012. 39(2): p. 337-343.

Clinical Application and Guideline of Fluorine-18 sodium Fluoride PET/CT in Bone Lesions

Fa-Shun Tsai,* Tai-Lin Jiang, Lin-Chun Ou, Ting-Kuan Chiu

Division of PET Center, Shin Kong Wu Ho-Su Memorial Hospital, Taipei, Taiwan

Abstract

The bone is a common site for metastasis. The ^{99m}Tc -MDP bone scan is a routine nuclear medical imaging examination for bone metastasis. In response to the global shortage of technetium generator, the ^{18}F -NaF bone scan has become the alternative of ^{99m}Tc -MDP and has received the attention of the nuclear medicine community. This article proposes a unified sharing of technical specifications and clinical applications for ^{18}F -NaF bone scan.

Technical Guidelines

There is no need fasting for ^{18}F -NaF scan. Injection dose for adults: 1.5-3.7 MBq/kg. Full-body bone scans are performed 90-120 minutes after ^{18}F -NaF injection. In general, the same scan and reconstruction parameters used for imaging ^{18}F -FDG PET may be used for ^{18}F -NaF scan.

Clinical applications

^{18}F -NaF PET/CT scan is mainly used for the detection and evaluation of malignant bone metastasis. Since current PET/CT systems have higher sensitivity and spatial resolution than SPECT scanner, ^{18}F -NaF has been used to detect malignant and non-malignant bone diseases. Many studies have shown that ^{18}F -NaF PET/CT provides greater sensitivity and specificity in detecting bone metastases. In addition, ^{18}F -NaF PET/CT is also available for the diagnosis of benign bone lesions. Related applications include: diagnosis of infections (such as osteomyelitis), arthritis, trauma and recessive fractures, assessment of skeletal activity, diagnosis of metabolic bone disease and early diagnosis of osteonecrosis.

Key words: ^{18}F -NaF, Sodium Fluoride, PET/CT, Bone scan

J Nucl Med Tech 2018;15:17-28

Received 2018/12/1
Corresponding author: Fa-Shun Tsai
Division of PET Center, Shin Kong Wu Ho-Su Memorial Hospital, Taipei, Taiwan
Address: 95, Wen-Chang Rd. Shin-Lin District, Taipei Taiwan
Tel: (02) 2833-2211 ext. 9898 E-mail: T005629@ms.skh.org.tw

放射免疫分析檢測 B 型肝炎表面抗原檢驗值 落在閾值附近時與酵素免疫分析法之比對

顏玉安 吳麗君 蘇雅雯 張淑芬 曾宜玲 廖淑娟 顏吉龍 張朝鈞 李將瑄*

奇美醫療財團法人奇美醫院 核子醫學科

摘要

背景：放射免疫分析法在檢驗 B 型肝炎表面抗原使用已久，惟此為定性檢驗，在閾值附近有較大的不確定性。所以本研究為放射免疫分析法在閾值附近時，進行酵素免疫分析法，比較兩者的一致性。

方法：收集 2013/1/1 到 2015/8/31 南部某教學醫院進行 B 型肝炎表面抗原檢驗中放射免疫分析法檢驗值為落在本研究定義閾值附近時（150-3000 每分鐘計數）的 1208 支血清檢體，佔此段時間所有檢體量 2.15%，包含落在原廠閾值佔 1.50%，送回原廠以定性酵素免疫分析法試劑重新測量，比較兩者的一致性。

結果：當放射免疫分析法檢驗值介於 600-3000 每分鐘計數，一致性達 98.09%，統計上無差異。當檢驗值介於 150-600 每分鐘計數，一致性達 78.86%，統計上有差異。

結論：

1. 放射免疫分析法檢驗值，若以落在即原廠閾值佔 1.50%，包含本研究顯示所定義落在閾值附近佔 2.15%，所以放射免疫分析法對 B 型肝炎表面抗原檢驗有相當好的鑑別性。
2. 放射免疫分析法檢驗值大於 600 每分鐘計數判讀為陽性時，和酵素免疫分析法有相當好的一致性，對發放射免疫分析的報告要有信心。

關鍵詞：RIA、EIA、HBsAg、閾值

核醫技學誌 2018;15:29-33

受理日期：107 年 12 月 1 日

通訊作者：李將瑄

單位：奇美醫療財團法人奇美醫院 核子醫學科

地址：71004 台灣台南市永康區中華路 901 號

電話：06-2812811-53575 電子信箱：chlee4@ms45.hinet.net

前言

放射免疫分析法 (Radioimmunoassay，以下簡稱 RIA) 在檢驗 B 型肝炎使用已久，惟此為定性檢驗，在閾值 (cutoff value) 附近有較大的不確定性，所以當檢驗值接近閾值時，報告較有爭議，造成發報告時信心不足。如在此時使用第二方法學，如酵素免疫分析法 (Enzyme immunoassay，以下簡稱 EIA)，做為比對，如果兩者相似，則提高對 RIA 檢測結果的信心。

回顧文獻，比較 RIA 和 EIA 檢驗 B 型肝炎標誌，在表面抗體、核心抗體、及表面抗原，兩種檢驗方法的結果相似，無顯著差異 [1-10]。惟在 RIA 檢驗 B 型肝炎表面抗原 (Hepatitis B surface antigen，以下簡稱 HBsAg)，當結果接近閾值時，根據我們回顧文獻，確實無文獻討論。

因此本研究在 RIA 檢驗 HBsAg，當檢驗值在閾值附近時，以 EIA 比對之，比較兩種檢驗方法的一致性。

材料與方法

收集本實驗室 2013/1/1 到 2015/8/31 檢驗 HBsAg，總共 56259 支。採用 RIA 檢驗試劑，方法為定性方式的三明治法。操作過程以該試劑標準操作手冊為操作流程 [11]。

品質管制程序 (1) 陰性對照血清計數平均值 (NCx)：為三個陰性對照血清計數之平均值，且 NCx 必須 ≤ 300 每分鐘計數 (count per minute，以下簡稱 cpm)。(2) 陽性對照血清計數平均值 (PCx)：為二個陽性對照血清計數之平均值，其值必須 ≥ 3000 cpm。(3) 陽性對照血清計數平均值與陰性對照血清計數平均值之比值 (PC/NC) 必須大於等於 10。(4) 閾值 = 陰性對照血清計數平均值 (NC x CPM) x 2，且需符合原廠所定 $100 \text{ cpm} < \text{閾值} < 600$

cpm。這段期間本實驗室參加台灣醫事檢驗學會之外部能力測試，均合於品質要求。

實驗室常規做法：從 2013/1/1 到 2015/8/31 HBsAg 閾值區間為 186 到 405 cpm。考量此 RIA 為定性檢驗，在閾值附近有較大的不確定性，再依原廠要求，所以本實驗室檢驗結果判定為：試劑當 RIA 的檢驗值大於 600 cpm，判讀為陽性。若檢驗值小於 150 cpm（此區域閾值最小為 186 cpm），判讀為陰性。若檢驗值介於 150 到 600 cpm，即在最接近原廠閾值附近時，判為弱陽性 (weak positive)，即為邊緣值 (borderline)。亦即請臨床醫師配合病人臨床表徵、病史、其他實驗室檢查及持續追蹤病人。最終報告仍需參考病人相關數據及歷年報告。

由於在閾值附近有較大的不確定性，所以當檢驗值接近閾值時，報告較有爭議，造成發報告時信心不足。本研究是將 RIA 擴大檢驗值落在原廠閾值附近（介於 150 到 3000 cpm 中間），共取 1208 支檢體，以定性 EIA 試劑重新測量。先依經驗及方便性將 RIA 檢驗值分成四組：(1) 最接近原廠閾值範圍，即介於 150 到 600 cpm 之間判讀為弱陽性。另外再將稍為遠離閾值範圍的檢驗值，依方便性分為三組：(2) 介於 600 到 1000 cpm 之間判讀為陽性。(3) 介於 1000 到 2000 cpm 之間，判讀為陽性。(4) 介於 2000 到 3000 cpm 之間，判讀為陽性。將這些檢體送回原廠以定性 EIA 試劑重新測量，此 EIA 原廠檢驗閾值為 1.00 IU/ml。若 EIA 的檢驗值大於 2.00 IU/ml，判

為陽性。若檢驗值小於 1.00 IU/ml，判為陰性；介於 1.00 - 2.00 IU/ml 判為弱陽性。比對兩種檢驗方法所得檢驗結果的一致性，一致性是指兩種方法檢驗結果相同。

統計方法

本研究使用統計軟體 R version 3.4.3 進行統計分析 [12]。研究利用 two proportion test 檢定進行 RIA 與 EIA 兩種檢測法的弱陽性百分比比較。本研究視 p 值 < 0.01 達統計顯著差異。

結果

從 2013/1/1 到 2015/8/31 期間共收 56259 支檢體，使用 RIA 得到檢驗值，其中有 842 (1.50%, 842/56259) 是落在最接近原廠閾值 (150 到 600 cpm)，1208 (2.15%, 1208/56259) 支檢體落在原廠閾值附近（即介於 150 到 3000 cpm 之間）。即使將這些落在閾值附近檢體結果均視為弱陽性（邊緣值），也只佔全部檢體的 2.15%。但文獻顯示三明法 EIA 偵測 HBsAg 檢測結果為弱陽性的百分比為 4.44% (532/11984) [13]。根據 two proportion test 檢定結果顯示，RIA 與 EIA 兩種檢測法的弱陽性百分比有統計上顯著差異 (p-value < 0.0001)。

將 RIA 檢驗值落在原廠閾值附近的 1208 支檢體再進一步以 EIA 進行檢驗。將這些檢體依檢驗值分成四組（如表 1）：(1) 介於 150 到 600 cpm 之間（即最

Table 1. The results obtained by RIA and EIA

檢驗值範圍 (cpm)	150-600	600-1000	1000-2000	2000-3000
檢體數 (支) n = 1208	842	97	148	121
佔總檢體數	1.50% (842/56259)	0.17% (97/56259)	0.26% (148/56259)	0.22% (121/56259)
檢驗值一致性	78.86%* (664/842)	97.94% (95/97)	97.97% (145/148)	98.35% (119/121)
			98.09% (359/366)	

*p-value < 0.0001.

接近原廠閾值) 有 842 支檢體, 佔落在所有閾值附近檢體的 67.70% (842/1208), 其中有 78.86% (664/842) 檢體在 RIA 與 EIA 皆顯示為弱陽性, 在統計上有差異 (Two proportions test: p -value < 0.0001)。 (2) 介於 600 到 1000 cpm 之間有 97 支檢體, 佔 8.03% (97/1208)。 其中 97.94% (95/97) 檢體在 RIA 與 EIA 皆顯示為陽性, 在統計上無差異 (Two proportions test: p -value = 0.4772)。 (3) 介於 1000 到 2000 cpm 之間有 148 支檢體, 佔 12.25% (148/1208)。 其中 97.97% (145/148) 檢體在 RIA 與 EIA 皆顯示為陽性, 在統計上無差異 (Two proportions test: p -value = 0.2458)。 (4) 介於 2000 到 3000 cpm 之間有 121 支檢體, 佔 10.02% (121/1208)。 其中 98.35% (119/121) 檢體在 RIA 與 EIA 皆顯示為陽性, 在統計上無差異 (Two proportions test: p -value = 0.4777)。 (5) 後面三組 (2-4 組) 兩種免疫分析法結果一致分別為: 97.94%、97.97%、98.35%, 此三者統計上無差異 (Three proportions test: p -value = 0.9726)。 (6) 所以將後面三組 (介於 600 到 3000 cpm 之間) 合併總共有 366 支檢體, 佔總數 0.65% (366/56259), 這些檢體用 RIA 與 EIA 檢測, 皆顯示為陽性有 359 支檢體, 佔 98.09% (359/366), 在統計上無差異 (Two proportions test: p -value = 0.5082)。

討論

定性的檢驗在原廠閾值附近本來就有較大的不確定性。尤其免疫的試劑牽涉到抗原抗體的反應, 所有會影響抗原抗體的反應的因素, 如抗體的種類、實驗的方法均會影響檢測結果。而且臨床上已知 HBsAg 會隨治療或時間上下波動, 即每次檢測結果可能都不同。當 HBsAg 降到原廠閾值附近時, 也會導致陽性和陰性結果交錯出現。HBsAg 甚至會隨治療或時間, 逐漸減少到任何免疫的檢驗方法均測不到。我們相信每種檢驗方式都有優缺點, 所以嘗試在 RIA 檢驗結果在原廠閾值附近時, 使用 EIA 來比對。

從本研究得知, 落在原廠閾值附近 (依本研究定義為 150 到 3000 cpm 之間), 佔總檢體數 2.15% (1208/56259), 落在在最接近閾值內 (即 150 到 600 cpm) 佔總檢體數 1.50% (842/56259), 即使在稍為遠離閾值即 (600 到 3000 cpm) 只佔 0.65% (366/56259), 亦即 RIA 對 HBsAg 的檢驗有良好的鑑別能力。

以稍為遠離閾值的範圍 (600 到 3000 cpm), 以 EIA

比對, 陽性的一致性達 98.09%, 亦即兩者在此範圍有高度的一致性。而最接近原廠閾值 (150 到 600 cpm 之間) 一致性為 78.86%, 但統計結果表示兩者有差異, 亦在最接近原廠閾值內, 誠屬弱陽性 (邊緣值), 用 EIA 檢測有 21.14% 會有不一致的結果。至於在此範圍內, RIA 和 EIA 不一致的部分, 因為本研究並不知道真值 (不能確定病人是否為 B 型肝炎患者), 所以不能以兩種免疫分析法的結果不同, 而互相質疑何者為正確。

本研究有兩個限制 (1) 並非全部檢體均以兩種免疫分析法檢查, 而是取 RIA 檢驗值落在依本研究定義為閾值附近的檢體, 再以 EIA 檢驗, 所以本研究不能做為兩種免疫分析法檢測結果的全面比對。 (2) 由於數量龐大, 本研究並不是要求得真值 (即確定病人是否為 B 型肝炎患者) 下, 即兩種免疫分析法的敏感度或特異性, 但這將是我們下一步要進行的研究。

結論

1. 本研究顯示用 RIA 檢驗值用, 落在最接近原廠閾值 (150 到 600 cpm) 為 1.50%, 落在閾值附近 (150 到 3000 cpm) 為 2.15%, 所以 RIA 對 HBsAg 檢驗有相當好的鑑別性。 2. RIA 和 EIA 在檢驗 HBsAg, 當 RIA 檢驗值落在閾值附近時, 特別是檢驗值在 600-3000 cpm, 兩者有相當好的一致性; 亦即在此範圍, 即使比對 EIA, 統計上結果不會有意義的改變, 對發 RIA 報告要有信心。

參考文獻

1. Lee SD, Lo KJ, Tsai YT, Chan CY, Lin HC, Wu JC. Comparison of enzyme- and radio-immunoassay kits to detect hepatitis B surface antibody response among hepatitis B vaccinees. *Zhonghua Min Guo Wei Sheng Wu Ji Mian Yi Xue Za Zhi* 1988; 21:158-64.
2. Heijntink RA, Kruining J, Schalm SW, Masurel N. Comparison of two techniques for detecting antibody to HBsAg during a hepatitis B vaccine study. *J Virol Methods* 1985;10:333-9.
3. Ching-Wen Wang, Li-Chieh Wang, Mei-Hwei Chang, et al. Long-Term Follow-Up of Hepatitis B Surface Antibody Levels in Subjects Receiving Universal Hepatitis B Vaccination in Infancy in an Area of Hyperendemicity: Correlation between

- Radioimmunoassay and Enzyme Immunoassay. *Clin Diagn Lab Immunol* 2005;12:1442-47.
4. Pierre Cambron, Jeanne-Marie Jacquet, Bernard Hoet, Marc Lievens. Development and Technical and Clinical Validation of a Quantitative Enzyme-Linked Immunosorbent Assay for the Detection of Human Antibodies to Hepatitis B Surface Antigen in Recipients of Recombinant Hepatitis B Virus Vaccine. *Clin Vaccine Immunol* 2009;16:1236-46.
 5. Parkinson AJ, McMahon BJ, Hall D, Ritter D, Fitzgerald MA. Comparison of enzyme immunoassay with radioimmunoassay for the detection of antibody to hepatitis B core antigen as the only marker of hepatitis B infection in a population with a high prevalence of hepatitis B. *J Med Virol* 1990;30:253-7.
 6. Mudrić V, Vuković B, Dimić E, Borota R. Evaluation of assay methods for hepatitis B surface (HBsAg) antigen and its antibody (anti-HBs) in viral hepatitis B (VHB)-HBsAg-positive. *Medical Microbiology and Immunology* 1978;166:195-200.
 7. Hanson MR, Polesky HF. Radioimmunoassay and enzyme immunoassay methods for detecting viral hepatitis markers. *Am J Clin Pathol* 1983; 80(4 Suppl):590-593.
 8. Kruijing J, Mulder PG, Heijtkink RA. Immune response to HBsAg differently interpreted by RIA and EIA. *J Virol Methods* 1988;22:89-98.
 9. Blackburn NK, Schoub BD, O'Connell KF. Comparison of an enzyme-immunoassay with a radio-immunoassay method for the detection of the hepatitis markers anti-HBs, anti-HBc and HBsAg. *S Afr Med J* 1990;78:102-3.
 10. Shimbo S, Zhang ZW, Qu JB, et al. Comparative assay of Hepatitis B and C virus infection markers by different assay kits. *Biomed Environ Sci* 2000;13:198-204.
 11. B 型肝炎表面抗原放射免疫分析標準操作手冊，2014。
 12. R Development Core Team (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
 13. McCready JA, Morens D, Fields HA, Coleman PJ, Kane M, Schatz G. Evaluation of enzyme immunoassay (EIA) as a screening method for hepatitis B markers in an open population. *Epidemiol Infect* 1991;107:673-684.

Comparison of radioimmunoassay (RIA) with enzyme immunoassay (EIA) for the detection of HBsAg as the results obtained by RIA near threshold value

Yu-An Yen, Li-Chun Wu, Ya-Wen Su, Shu-Fen Chang, Yi-Ling Tseng,
Shu-Chuan Liao, Chi-Long Yen, Chao-Chun Chang, Chiang-Hsuan Lee*

Department of Nuclear Medicine, Chi Mei Hospital, Yong Kang, Tainan, Taiwan

Abstract

In order to compare concordance of EIA and RIA for HbsAg as the results obtained by RIA located in the gray zone defined by our study (150-3000 cpm), 1208 serum samples, accounted for 2.15% of the total samples, were rechecked by EIA. The concordance obtained by RIA and EIA when original RIA data between 150 to 600 cpm was 78.86% ($P < 0.0001$), and when between 600 to 3000 cpm was 98.09% ($p = 0.5082$). In conclusion, good concordance between the results of RIA and EIA for HBsAg as the original RIA data were greater than 600 cpm.

Key words: RIA, EIA, HBsAg, Cutoff Value

J Nucl Med Tech 2018;15:29-33

Received 2018/12/1

Corresponding author: Chiang-Hsuan Lee

Department of Nuclear Medicine, Chi Mei Hospital, Yong Kang, Tainan, Taiwan.

Address: No. 901, Zhonghua Rd. Yongkang Dist., Tainan City 71004, Taiwan (R.O.C.)

Tel: 06-2812811-53575 E-mail: chlee4@ms45.hinet.net

核醫技術學雜誌投稿簡則

1. 核醫技術學雜誌歡迎與核醫技術學有關的著作、論述等中英文稿，但以未曾刊登且不同時投寄於其他雜誌者為限。
2. 本雜誌接受原著 (Original Papers)、案例報告 (Case Reports)、綜論 (Review Articles)、特稿 (Special Articles)、短論 (Brief Communications)、技術要言 (Technical Innovations and Notes)、核醫技術新知 (Nuclear Medicine Intelligence) 及書信 (Correspondence) 等類型之投稿，但本雜誌有修改、取捨之權。
3. 文稿如經本雜誌刊登，版權即屬本雜誌所有，除商得本雜誌同意外，不得轉載於其它雜誌。
4. 原著指獨家創見或廣泛的、深入的文獻分析，以指引學術發展的動向，文稿格式自定。研究報告應分前言 (引言)、材料與方法、結果、討論及參考文獻等數段。病例報告可分前言 (引言)、病例報告、討論及參考文獻等數段。文前請附摘要 (中文以 600 字，英文以 400 字為限)。文摘請附原文影本二份。
5. 稿件應按下列順序分頁撰寫：
首 頁：包括題目、16 字以內之簡題 (running title)、作者姓名、單位、聯絡人姓名、地址、電話、傳真、e-mail 位址。若第二作者、第三作者等所屬醫院、單位不同，請用阿拉伯數字在作者右上角、單位左上角標示，如：
王世楨¹ 林萬鈺¹ 陳敏男²
¹台中榮民總醫院 核醫科
²行政院原子能委員會 核能研究所
摘要頁：包括題目、摘要、3 至 5 個關鍵詞 (key words) (文稿從這一頁起送審，請勿於此頁打入作者姓名、單位資料，以保持審稿之客觀性)。
本文：包括前言 (引言)、材料與方法、結果、討論、誌謝、參考文獻。
表格、圖片說明頁：依表格、圖片在本文出現順序專頁繕打，置於本文之後。
翻譯摘要頁：中文稿件以英文撰寫此頁；英文稿件以中文撰寫此頁。第一份包括題目、作者姓名、單位、摘要、關鍵詞。另外兩份翻譯頁僅包括題目、摘要、關鍵詞 (請不要有作者姓名、單位，以保持審稿之客觀性)。
6. 文稿請由左至右以電腦打字，編妥頁碼。紙張用 A4 紙大小，行間距 (包括表格及圖片說明、參考文獻等) 為二空格 (double spaced)。稿件之上下左右緣各留 2.5 cm 空間。**Figure 圖及 Table 表之題文一律使用英文。**
7. 英文稿，文字左邊界對齊，右邊界不要求對齊。中文稿內夾雜英文時，其字首若非專有名詞，一律小寫。數據數字以阿拉伯字書寫，但英文稿之句首除外。
8. 度量衡單位採用公制國際單位符號，即 cm, ml, Kg, Kcal, 37°C, msec, mm², % 等。物質份量用 mol；濃度用 mol/l 或 M，亦可用 mg/100 ml 或 100 mg/dl；放射活度單位 becquerel 用 Bq，curie 用 Ci 表示；振率單位 hertz 用 Hz；同位素之寫法為：^{99m}Tc, ¹²³I, ¹¹C, ¹⁸F-FDG, 1-[¹¹C]-acetate。
9. 參考文獻以文內引用者為限，按照引用的先後順序排列，以阿拉伯數字中括弧表示於引用之句末。撰寫方式請參考 Index Medicus，如係期刊，請按著者姓名、篇名、期刊名稱、出版年代、卷數、起迄頁數順序繕打；如係書籍，請按著者姓名、篇名、編者姓名、書名、版次、出版地、出版商、出版年代、起迄頁數順序繕打。參考文獻的著者在六名或六名以內，全部列出；七名或七名以上，僅列前三名，其餘以等 (et al.) 表示。文內引用雜誌名，如原文有譯者，照譯名稱，無譯者均以羅馬拼音寫出 (附註原文之語言，例如：In Japanese)。

範例：

1. Feely J, Wilkinson GR, Wood AJJ. Reduction of liver blood flow and propranol metabolism by cimetidine. *N Engl J Med* 1981;304:691-695.
2. Yu MD, Chen WL, Jiau SF, et al. Comparison of radioimmunoassay and fluorescence polarization immunoassay data related to determination of cyclosporine concentrations of heart transplant patients. *Ann Nucl Med Sci* 1992;5:143-147.
3. Kaplan NM. Coronary heart disease risk factors and anti-hypertensive drug selection. *J Cardiovasc Pharmacol* 1982;4 (Suppl 2):186-365.
4. Anonymous. Neurovirulence of enterovirus 70 [Editorial]. *Lancet* 1982;1:373-374.

5. Tada A, Hisada K, Suzuki T, et al. Volume measurement of intracranial hematoma by computed tomography. *Neurol Surg (Tokyo)* 1981;9:251-256. [In Japanese; English abstract].
6. Araki G, Prognosis in thalamic hemorrhage. *Jpn J Stroke* 1981;3:120-122. [In Japanese].
7. Begent RHJ, Jewkes RF. Rdiolabelled antibodies for imaging of gastrointestinal tumours. In: Robinson PJA, ed. *Nuclear Gastroenterology*. 1st ed. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1986:145-156.
8. 陳輝墉, 曾凱元, 高潘福, 黃妙珠。核醫骨骼造影在人工全髖關節鬆脫或感染之評估。 *臺灣醫誌* 1986;554-560。
9. 張文成。基礎核子醫學, 一版。臺北: 華杏, 1982: 97-110。
10. 除參考文獻內之出版年代到頁數間不必留空格外, 文內逗號(,)、句號(.)、冒號(:)、分號(;)後各留一空格。左側中括弧([)、左側小括弧()及左側引號(“或”)之前面要留一空格。右側中括弧(])、右側小括弧()及右側引號(“或”)之後面若無其他標點符號, 後面要留一空格。
11. 每一表格應分開另紙繕打, 依文內引用之順序排列, 置於表格及圖片之說明頁之後。縱線請設法避免, 橫線也儘量少用, 不必加邊線。表格內之附註, 請依次用 *, +, §, l, =, ** 等符號說明, 本文內儘量避免另加附註。
12. 圖片三套, 每套分別置於一個封袋。照片必須光面清晰, 每張背面並以軟鉛筆註明號碼、

題目(勿註作者姓名、單位), 並以箭頭指示朝上方向。如係多張拼圖, 請拼組後翻拍成 5×7 吋 (127×173 mm) 照片。如係繪圖, 應用濃墨描繪於白紙。光學或電子顯微鏡照片, 請註明染色方法及放大倍率或比率。亦應將圖片、拼圖、繪圖, 燒錄於光碟片中。

13. 爲了減少排版錯誤, 投稿時請一併提供 IBM PC 相容電腦 Microsoft Word 檔磁碟片、光碟片或電子郵件中。磁片中、光碟片或電子郵件中請勿包含任何指令檔(.com)、執行檔(.exe)、隱藏檔, 更請注意不要有病毒。
14. 論文掲載以審查通過之順序陸續出版。如果希望立即掲載, 需自行負擔全部費用。
15. 重新繪製插圖費用、英文修改費用、彩色圖版的印刷費用, 一概由作者自行負擔。
16. 被接受發表之文稿, 除書信(correspondence)外, 作者可免費獲抽印本 50 份。額外抽印本可用成本費加印, 投稿時請事先聲明加印數量。
17. 其他細節請參閱國際指導委員會(International Steering Committee)發表之生物醫學雜誌稿件統一規格(Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals, *Ann Intern Med* 1997;126:36-47)。
18. 來稿請備一式三份(一份原稿, 二份複印稿)及一份含文稿檔案電腦磁片或光碟片, 寄『核醫技術學雜誌總編輯 台北市中山區(10449)中山北路二段 92 號 台北馬偕醫院 核醫科杜高瑩放射師』或 E-mail: kenny@ms2.mmh.org.tw, 並附一投稿簡函。

核醫技術學誌

宗旨與目的

本雜誌致力於迅速出版國內、外有關核醫技術學研究、發展、應用之臨床、技術與基礎論文。其目的在於提高國內核醫技術學整體之水準。除原著論文之外, 目前熱門題目之綜述、技術發展、病例教學之文稿凡有助於達成上述目的者亦在歡迎之列。

版權

版權在於保護作者與發行單位(中華民國核醫學學會醫技委員會), 所有文章皆在作者完成版權轉移之手續後再予以刊登。文章一經刊登非得本刊同意, 不得全部或部份轉載。

刊別

核醫技術學雜誌 *J Nucl Med Tech* 爲年刊, 每年發行一期, 民國 94 年(西元 2005 年)第 2 卷第 1 期發行。

訂閱辦法

- 一、零售定價: 每冊新台幣 150 元。
- 二、訂閱: 每年 1 期新台幣 150 元。
- 三、劃撥: 19781819, 中華民國核醫學學會醫技委員會, 註明購買或訂閱者姓名、地址。

Journal of Nuclear Medicine Technology

Instructions to Authors

Scope. The journal solicits original contributions which should not contain previously published material and will not be published elsewhere. Other than Original Papers, Brief Communications, Review Articles, Special Articles, Technical Innovations and Notes, Nuclear Medicine Intelligence, Case Reports, Correspondences are also accepted. The authors of the accepted manuscript must agree to automatically transfer the copyright to the Journal Nuclear Medicine Technology.

Address for Contributions. Three Copies of manuscripts printed on one side of A4 papers should be submitted (including illustrations) to the editorial office:

Kao-Ying Tu

Editor in Chief

Journal of Nuclear Medicine Technology

Department of Nuclear Medicine, Mackay Memorial Hospital, No 92, Section 2, Zhongshan North Road, Taipei 10449, Taiwan, R.O.C.

Tel: (02)2543-3535#2299

Fax: (02)2543-3642

Electronic Editing. The journal is using personal computers to edit manuscripts accepted for publication. Submission of a 3.5-inch floppy diskette or CD containing the text is required to reduce typing error in the process of publication. The text file should be in major formats, such as Microsoft Word. Authors are required to check spelling and grammar before submission.

Preparation of Manuscripts. Research paper should be organized in order of title page, abstract page (blind title, abstract keywords), introduction, materials and methods, results, discussion, acknowledgement (if necessary), references, table/figure legends, tables, figures. Case report may be organized in order of title page, abstract page (blind title, abstract keywords), introduction, case report, discussion, references, table/figure legends, tables, figures. Each starts from a new page. The Chinese manuscript should have an English translation of

abstract and keywords, and vice versa. Abstract and keywords of the English manuscript from authors who are not native Chinese can be translated by editorial office. All pages must be typewritten on one side of white A4 size paper, sequentially numbered, double-spaced with liberal margins.

Title Pages. The title page should contain title of the article; name(s) and affiliation(s) of authors(s). All footnotes to the names of the authors and affiliations should be indicated by Arabic numeral in superscript. Designate one author as the corresponding author and provide address, phone numbers, fax number and e-mail address. Do not contain such information elsewhere in the manuscript to ensure an unbiased review.

Abstract. The abstract must limited to 400 words or less and typed on a separate page. Abstracts for Original Articles must be structured with paragraphs labeled Background, Methods, Results, and Conclusion. Include 3 to 5 or less keywords in alphabetical order. Use Index Medicus terms from medical subject heading where possible. Abbreviations may be used without explanation.

Text. References should be cited with square brackets in the text and listed by the order of appearance in the text. When abbreviating isotopes, designate them in the following manner: ^{99m}Tc , ^{123}I . Radiopharmaceuticals should be listed with the isotope first followed by the chemical form. When using abbreviations, the full name should be spelled out completely the first time it is mentioned, followed by the abbreviation in parentheses. Thereafter the abbreviated form must be used. Radiation measurements will be published in either the International System of Units (SI) or the old system. For more details, authors are advised to consult the "Uniform Requirements for Manuscript Submitted to Biomedical Journals" (Ann Intern Med 1997; 126:36-47). However, the editors are authorized to make changes to conform to the individual style of Annals Nuclear Medicine and Sciences instructions to authors.

References. Names of the journal is abbreviated according to Index Medicus. Name(s) of the author(s) not more than six are factually listed. Otherwise the first three are listed and followed by 'et al.' Examples:

1. Feely J, Wilkinson GR, Wood AJJ. Reduction of liver blood flow and propranol metabolism by cimetidine. *N Engl J Med* 1981;304:691-695.
2. Yu MD, Chen WL, Jiau SF, et al. Comparison of radioimmunoassay and fluorescence polarization immunoassay data related to determination of cyclosporine concentrations of heart transplant patients. *Ann Nucl Med Sci* 1992;5:143-147.
3. Kaplan NM. Coronary heart disease risk factors and anti-hypertensive drug selection. *J Cardiovasc Pharmacol* 1982;4 (Suppl 2):186-365.
4. Anonymous. Neurovirulence of enterovirus 70 [Editorial]. *Lancet* 1982;1:373-374.
5. Tada A, Hisada K, Suzuki T, et al. Volume measurement of intracranial hematoma by computed tomography. *Neurol Surg (Tokyo)* 1981;9:251-256. [In Japanese; English abstract].
6. Araki G. Prognosis in thalamic hemorrhage. *Jpn J Stroke* 1981;3:120-122. [In Japanese].
7. Begent RHJ, Jewkes RF. Radiolabelled antibodies for imaging of gastrointestinal tumours. In: Robinson PJA, ed. *Nuclear Gastroenterology*.

1st ed. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1986:145-156.

Illustration and Tables. Figures should be submitted as three sets of clear black-and-white glossy prints, with lettering large enough to be legible when reduced. Color illustrations can be reproduced if the additional cost is met by the author. On the back of each figure give the figure number and the title, and indicate the top of figure with arrow. Each figure must be provided with a legend. Type legends double-spaced on a separate sheet of paper. If an illustration has been previously published, give full credit to the original source in the legend. Figures and tables should be numbered in the order they appear in the text. Each legend should give full, explicit, explanations for all sections of the figure and all abbreviations and arrows used. Each table must be typed double-spaced on a sheet of paper. A concise title should be supplied for each. If a table or any data therein have been previously published, a footnote must give full credit to the original source. Abbreviations used in a table must be spelled out in a footnote. Tables and figures should supplement, not duplicate, data in the text.

Reprints. Authors will receive 50 free offprints upon acceptance of their paper. The opportunity to order more reprints will be given if the additional cost is met by the author.

J Nucl Med Technol

Journal of Nuclear Medicine Technology is published yearly by committee of N. M. Technology the Society of Nuclear Medicine, R.O.C.

Editorial communication should be sent to the Editor-in-chief: Kao-Ying Tu, Department of Nuclear Medicine, Mackay Memorial Hospital, No 92, Section 2, Zhongshan North Road, Taipei 10449, Taiwan, R.O.C., Tel: (02)2543-3535#2299, Fax: (02)2543-3642.

Business communication concerning advertising, subscriptions, change of address, and permission requests should be sent to the publisher: Committee of N. M. Technology The Society of Nuclear Medicine, R.O.C., Department of Nuclear Medicine, Mackay Memorial Hospital, No 92, Section 2, Zhongshan North Road, Taipei 10449, Taiwan, R.O.C., Tel: (02)2543-3535#2299, Fax: (02)2543-3642

Material printed in the Journal is covered by copyright. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form without written permission.

Subscription rates for:

International price including postage and handling--

(a) by air mail US\$ 50.00/year

(b) by surface mail US\$ 40.00/year

Payment should be made to:

NM Technology Committee, the Society of Nuclear Medicine, R.O.C.

Department of Nuclear Medicine, Mackay Memorial Hospital, No 92, Section 2, Zhongshan North Road, Taipei 10449, Taiwan, R.O.C.

核醫技術學雜誌投稿版權轉移同意書及格式檢查清單

(請影印此清單詳細檢查填妥後隨同稿件寄出)

茲寄上文稿 _____

乙篇·本文 原著 綜論 病例報告 短論 讀者投書 (請作者選一)，未曾也不考慮於其他國內外雜誌上發表。如本文被接受刊登，版權即為核醫技術學雜誌所有。

_____ 文稿為電腦打字，紙張用 A4 紙大小，行間距為二空格。稿件之上下左右緣各留 2.5 cm 空間。

_____ 編妥頁碼並依首頁、摘要頁、本文、表格 / 圖片說明頁、表格、圖片、翻譯摘要頁順序排列。

_____ 首頁包括題目、簡題、作者姓名、單位、聯絡人姓名、地址、電話、e-mail 地址、研究之贊助者。格式必須符合本雜誌投稿簡則第 5 項規定。

_____ 摘要頁包括題目以及 3 至 5 個關鍵詞。格式必須符合本雜誌投稿簡則第 5 項規定。

_____ 本文從第三頁開始，包括：前言（引言）、材料與方法、結果、討論、誌謝、參考文獻。

_____ 參考文獻格式必須符合本雜誌投稿簡則第 9 項規定。

_____ 表格 / 圖片說明頁：Figure 及 Table 表題一律使用英文，依表格及圖片之順序專頁繕打，置於本文之後。

_____ 表格格式必須符合本雜誌投稿簡則第 11 項規定。

_____ 圖片三套，背面以軟鉛筆註明號碼、題目，格式必須符合本雜誌投稿簡則第 12 項規定。

_____ 翻譯摘要頁：第一份包括題目、作者姓名、單位、摘要、關鍵詞。另外兩份翻譯頁僅包括題目（不要有作者姓名、單位）、摘要、關鍵詞。

_____ 文稿三份及一片含稿件 Microsoft Word 檔案磁碟片或光碟片。

投稿人簽名 _____ 日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日

中華民國核醫學學會
核醫檢查標準作業執执行程序書指引

中華民國 104 年 10 月初版

***醫院

核醫檢查標準作業辦法

文件版本：

生效日期：

制定單位： 核子醫學部

撰寫者：

聯絡電話：

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	1/47

1.目的：

有鑒於醫療品質的重要性，為確保核醫檢查服務流程順暢，病患安全，並提昇檢查服務品質，特制定此程序。

2.範圍：

凡來本部接受各項造影檢查之病患皆適用。

3.權責：

行政人員依據病患之申請單，預約排檢時間及預定藥物，直到病患報到，行政人員就必須核覆申請項目與計價，之後病患接受醫師評估，經由藥師製藥、品管、定量，再由醫師指定病患口服或注射藥物及藥物作用之衛教，最後接受造影放射師掃描，並收集影像、電腦分析、影像列印，再由醫師將病患影像判讀是否符合病情之需要，並將檢查發現做成報告輸出，最後行政人員將片子及報告歸檔。

4.名詞定義：無。

5. 應注意事項(經驗傳承)

- 5.1 確實核對健保卡並使用兩種以上辨認方式確認受檢病患身分。
- 5.2 確實核對檢查目的與項目。
- 5.3 口服或注射檢查藥物時，確實核對藥物外標籤人名是否與病患相符。
- 5.4 確實依據

6.法令依據/規定

無

7. 參考文件：

- 7.1 核醫檢查服務作業辦法

8. 使用表單：

- 8.1 同意書(醫紀會表單)

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	2/47

健保編號：26003B 腦脊髓液循環動態功能檢查 (CSF dynamic test)

1. 檢查準備事項：

1.1. 檢查前需禁食 6 小時，並實施腰椎穿刺。

1.2. 若病人無法合作，可使用鎮定劑。

2. 放射製劑種類與劑量：

2.1. 製劑：鎝-99m 二伸乙三月安 五乙酸 (Tc-99m DTPA)

2.2. 劑量：成人 1 mCi (37 MBq)

*小兒劑量依體表面積公式計算

3. 儀器錄影條件：

3.1. 準直儀：平行式、低能量、多用途準直儀

3.2. 能階能窗：140 KeV \pm 10%

3.3. 矩陣大小：512 \times 512

3.4. 放大倍數：1

3.5. 影像收集計數或時間：每張影像計數值為 400 K counts

3.6. 錄影收集影像模式：靜態式掃描

4. 檢查步驟：

4.1. 簡單向受檢者說明造影步驟，並請其儘量合作配合。

4.2. 經由腰椎穿刺將 Tc-99m DTPA 注射入蜘蛛膜下腔。

4.3. 注射後第 6、24 及 48 小時造影，每次照前、後及兩邊側位共 4 個相位。

5. 影像處理步驟：

5.1. 將第 6、24 及 48 小時造影之所有影像依序排列，註明造影時間與位置，並同時呈現於螢幕上。

5.2. 將螢幕上之影像上傳至 PACS 系統。

6. 注意事項：等待造影時間內，注意事項同一般實施腰椎穿刺。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	3/47

健保編號 **26004B** 鎝-99m 甲狀腺掃描 (Tc-99m Thyroid scan)

1. 檢查前準備事項：無需特殊準備
2. 放射製劑種類與劑量：
 - 2.1. 製劑：鎝-99m 過鎝酸鹽 ($99m \text{TcO}_4^-$)
 - 2.2. 劑量：5 mCi (185 MBq)
*小兒劑量依體表面積公式計算
3. 儀器造影條件：
 - 3.1. 準直儀：
 - 3.1.1. 平行式、低能量、多用途準直儀：攝取率之計算
 - 3.1.2. 針孔式準直儀：甲狀腺掃描
 - 3.2. 能階能窗：140 KeV \pm 15%
 - 3.3. 矩陣大小：
 - 3.3.1. 512*512 (攝取率之計算)
 - 3.3.2. 128*128 (甲狀腺掃描)
 - 3.4. 放大倍數：
 - 3.4.1. 一倍 (攝取率之計算)
 - 3.4.2. 1.123 倍 (甲狀腺掃描)
 - 3.5. 影像收集計數或時間：
 - 3.5.1. 180 秒/張 (攝取率之計算)
 - 3.5.2. 150 Kcounts/張 (甲狀腺掃描)
4. 檢查步驟：
 - 4.1. 簡單向受檢者說明檢查過程，並請其儘量合作配合。
 - 4.2. 攝取率 (uptake) 之計算
 - 4.2.1. 將針筒置於平行式準直儀下，收集 3 分鐘計數。
 - 4.2.2. 將注射完畢後之空針再置於準直儀下，收集 3 分鐘計數。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	4/47

4.2.3. 等待 15 分鐘後，使病患仰躺於檢查床（背部墊枕頭），頭部仰起與頸部成水平，將準直儀對準頸部收集 3 分鐘影像及計數。

4.2.4. 再將準直儀調整至另一側位，一樣收集 3 分鐘影像及計數。

4.3. 甲狀腺掃描

4.3.1. 將平行式準直儀更換為針孔準直儀，姿勢同攝取率之計算，收集前位、左前斜位及右後斜位之影像，每張收取 150 K counts

5. 影像處理步驟：

5.1. 依序圈出所需之影像。

5.2. 計算出甲狀腺攝取率，將結果上傳至 PACS 系統。

5.3. 將針孔準直儀所收集之三張影像（前位、左前斜位及右前斜位），上傳至 PACS 系統。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	5/47

健保編號：**26012B** 碘-131 癌症追蹤檢查 (I 131- cancer work-up)

1. 檢查前準備事項：

1.1 無須特別準備。

2. 放射製劑種類劑量：

2.1 製劑：碘-131 (I-131)

2.2 劑量：視病人口服治療劑量而定，勿需再給予 I-131。

3. 儀器造影條件：

3.1 準直儀：平行式、高能量、中靈敏度準直儀

3.2 能階能窗：364 KeV \pm 10%

3.3 影像收集計數或時間：每分鐘 15 公分

4. 檢查步驟：

4.1 簡單向受檢者說明檢查過程，並請其盡量配合。

4.2 檢查前，請病人解小便，並清除身上所有金屬物品。

4.3 請受檢者仰躺於檢查床上，先固定綁帶再將檢查床及偵測器移至定位後，從頭到腳掃瞄，收集全身正面及背面影像。

4.4 全身掃瞄後再針對病灶處或應醫師要求加照局部影像或斷層造影。

5. 影像處理：

5.1 將正面及背面影像同時呈現在螢幕上。

5.2 若有必要加照局部影像，以 512*512 的矩陣大小呈現在螢幕上。

5.3 將影像結果上傳至 PACS 系統。

6. 注意事項：

6.1 囑咐受檢者在檢查中不要任意移動身體。

6.2 碘住院治療後，7-10 天內及檢查前忌吃含碘食物（例如：海鮮、海藻類食物、乳酪、牛奶等）。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	6/47

健保編號：26013B 鉈-201 癌症追蹤檢查 (TI-201 cancer work-up)

1. 檢查前準備事項：須禁食 6 小時以上。
2. 放射製劑種類劑量：
 - 2.1 製劑：氯化亞鉈 (TI-201)
 - 2.2 劑量：成人 5 mCi (185 MBq)
*小兒劑量依體表面積公式計算
3. 儀器造影條件：
 - 3.1 準直儀：平行式、低能量、多用途準直儀
 - 3.2 能階能窗：70 KeV \pm 15%，167 KeV \pm 10%
 - 3.3 影像收集計數或時間：每分鐘 15 公分
4. 檢查步驟：
 - 4.1 簡單向受檢者說明檢查過程，並請其盡量配合。
 - 4.2 檢查前，請病人解小便並清除身上所有金屬物品。
 - 4.3 請受檢者仰躺於檢查床上，先固定綁帶再將檢查床及偵測器移至定位後，從頭到腳掃瞄，收集全身正面及背面影像。
 - 4.4 全身掃瞄後再針對病灶處或應醫師要求加照局部影像或斷層造影。
 - 4.5 分別在注射後 15 分鐘及 3 小時，實施以上步驟。
5. 影像處理：
 - 5.1 將正面及背面影像同時呈現在螢幕上。
 - 5.2 若有必要加照局部影像，以 512*512 的矩陣大小呈現在螢幕上。
 - 5.3 將影像結果上傳至 PACS 系統。
6. 注意事項：
 - 6.1 囑咐受檢者在檢查中不要任意移動身體。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	7/47

健保編號 26014B 肺通氣檢查 (Lung ventilation study)

1. 檢查前準備事項：

1.1 設定氙氣輸送系統。

1.1.1 首先將排氣管接在輸送系統之排氣出口。

1.1.2 打開輸送系統之主開關並接上氧氣供應系統。

1.1.3 調整氙氣輸送系統之氣體進出量儀錶在 5–6 liter/min。

1.1.4 注入氙氣(維持 2–3 mCi/liter)。

1.2 選用大小適中之口罩，讓受檢者戴上並測試是否有漏氣。

1.3 調整好氧氣速率 (2–3 liter/min)。

1.4 確定排氣設備已啟開。

2. 放射製劑種類與劑量：

2.1 製劑：氙-133 氣體 (Xe-133)

2.2 劑量：10-20 mCi (370-740 MBq)

3. 儀器造影條件：

3.1 準直儀：平行式、低能量、多用途準直儀

3.2 能階能窗：81 KeV \pm 20%

3.3 矩陣大小：128*128

3.4 放大倍數：1

3.5 Byte/Word 模式：Word

3.6 影像收集計數或時間：

3.6.1 吸入態檢查：每 10 秒收集 1 張，共收集 30~60 秒。

3.6.2 平衡態檢查：每 10 秒收集 1 張，共收集 3~5 分鐘。

3.6.3 呼出態檢查：每 10 秒收集 1 張，共收集 5 分鐘。

3.7 錄影收集影像模式：動態。

4. 檢查步驟：

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	8/47

4.1 將偵測器置於受檢者背後，向受檢者說明檢查過程，並請其儘量配合。

4.2 帶上面罩，確定其緊密，無漏氣情形。

4.3 打開氙-133 密閉管道系統，令受檢者深呼吸一口氣，然後屏住呼吸 30 至 60 秒，做第一口氣吸入檢查。

4.4 之後按照一般呼吸速率進行 3-5 分鐘是為平衡態檢查。

4.5 關閉氙氣密閉系統後，繼續按照一般呼吸速率，直到氙-133 完全呼出，為呼出態檢查。

5. 影像處理步驟：

5.1 將所收集的影像以 128*128 之矩陣大小呈現在螢幕上，並標出吸入 (wash in)、平衡(equil)及呼出(wash out)態像之實際位置。

5.2 將螢幕上的影像上傳至 PACS 系統。

6. 注意事項：

6.1 若需同時作灌注造影，則需先進行通氣造影。

6.2 氣管切開、意識不清、呼吸極度困難無法合作配合者，不適合作通氣造影，重度肺高血壓症之患者需極為小心。

6.3 檢查時可採仰躺或坐姿進行。

6.4 造影途中若發生呼吸困難現象，可給與氧氣。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	9/47

健保編號 26015B 肺灌注檢查 (Lung perfusion study)

1. 檢查前準備事項：無需特殊準備
2. 放射製劑種類與劑量：
 - 2.1 製劑：鎳-99m 巨凝白蛋白 (Tc-99m MAA)
 - 2.2 劑量：5 mCi (185 MBq)
*小兒劑量依體表面積公式計算
3. 儀器造影條件：
 - 3.1 準直儀：平行式、低能量、多用途準直儀
 - 3.2 能階能窗：140 KeV \pm 15%
 - 3.3 矩陣大小：512*512
 - 3.4 放大倍數：1
 - 3.5 Byte/Word：Word
 - 3.6 影像收集計數或時間：每張影像計數值為 400 K counts
4. 檢查步驟：
 - 4.1 簡單向受檢者說明檢查過程，並請其儘量合作配合。
 - 4.2 請放射師將藥劑由手臂靜脈注射入體內 (注射時宜採仰躺)，注射時請病人深呼吸三次。
 - 4.3 注射後五分鐘依序收集前面、背面、左側面、右側面、左後斜位及右後斜位等六個方向，每個相位之影像收集 400K。
 - 4.4 造影結果錄於電腦，如有必要可配合通氣檢查結果作局部肺通氣-血流比 (V/Q ratio)之定量分析。
5. 影像處理步驟：
 - 5.1 將所收集的影像以 512 * 512 之矩陣大小，呈現在螢幕上，並註明造影相位。
 - 5.2 將螢幕上的影像上傳至 PACS 系統。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	10/47

6. 注意事項：

- 6.1 檢查用之顆粒製劑大小約 10-60 μm ，一次所注射之顆粒約為 30-60 萬粒（新生兒或嬰兒較少，約為 5-10 萬粒），平均每 1000 支毛細管才有一支被這種顆粒卡住。若使用之顆粒數太多，亦可能因檢查而造成栓塞症，若顆粒太少（成人少於 10 萬粒）則影像會不清楚，因而影響判讀。
- 6.2 注射時宜採仰躺，且需避免凝血塊的形成。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	11/47

健保編碼：26016B 肝脾臟掃描 (Liver and spleen scan)

1. 檢查準備事項：無須特別準備。
2. 放射製劑種類劑量：
 - 2.1 製劑：鎝-99m 硫膠體 (Tc-99m sulfur colloid)
 - 2.2 劑量：成人 3-5 mCi (111-185 MBq)
*小兒劑量依體表面積公式計算
3. 儀器錄影條件：
 - 3.1 準直儀：平行式、低能量、多用途準直儀
 - 3.2 能階能窗：140 KeV \pm 10%
 - 3.3 矩陣大小：512 x512
 - 3.4 放大倍數：1
 - 3.5 Byte / Word 模式：Word
 - 3.6 影像收集計數或時間：每一張影像計數值為 400 K counts
 - 3.7 錄影收集影像模式：靜態式掃描
4. 檢查步驟：
 - 4.1 簡單向受檢者說明造影步驟，並請其儘量合作配合。
 - 4.2 放射性製劑係經手臂靜脈注射入體內，並於注射 10-15 分鐘後，開始造影。
 - 4.3 造影時，應包括前位相、後位相、右側位相及左側位相，以偵測肝脾臟位置。
 - 4.4 每一張影像皆需收集 400K 的計數。
5. 影像處理步驟：
 - 5.1 將前位、後位、右側位及左側位同時呈現於銀幕上。
 - 5.2 將螢幕上之影像上傳至 PACS 系統。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	12/47

健保編號：26019B 陰囊攝影 (Scrotal scan)

1. 檢查準備事項：

- 1.1 請受檢者先解小便，清除膀胱餘尿。
- 1.2 病人脫掉褲子，換上檢查袍。

2. 放射製劑種類與劑量：

- 2.1 製劑：鎝-99m 過鎝酸鹽 (99m TcO₄⁻)
- 2.2 劑量：成人 10 mCi (370 MBq)

*小兒劑量依體表面積公式計算

3. 儀器錄影條件：

- 3.1 準直儀：平行式、低能量、多用途準直儀
- 3.2 能階能窗：140 KeV ±10%
- 3.3 矩陣大小：動態：256×256，靜態：512×512
- 3.4 放大倍數：1
- 3.5 Byte/Word 模式：Byte
- 3.6 影像收集計數或時間：
 - 3.6.1 動態：每 3 秒鐘一張，共收集 2 分鐘
 - 3.6.2 靜態：每一張影像計數值 500 K counts
- 3.7 錄影收集影像模式：動態及靜態式掃描

4. 檢查步驟：

- 4.1 簡單向受檢者說明檢查過程，並請其儘量合作配合。
- 4.2 病患仰躺檢查床上，兩腳彎曲打開成青蛙肢(frog leg)。
- 4.3 醫師將患者的陰莖往上提，用膠布固定於腹部。
- 4.4 移動檢查床，將陰囊對準偵測器之中心點。
- 4.5 動態影像於注射放射性藥劑後立即開始造影，每 3 秒鐘一張，共收集 2 分鐘。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	13/47

4.6 靜態影像於注射後 5、10、15 及 30 分鐘照一張。

5. 影像處理步驟：

5.1 將所照之動態及靜態影像同時呈現在螢幕上。

5.2 將螢幕上之影像上傳至 PACS 系統。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	14/47

健保編號 26020B Tc-99m DMSA 腎臟掃描 (Tc-99m DMSA Renal scan)

1. 檢查前準備事項：
 - 1.1 無法合作的受檢者可給適當的鎮靜劑。
 - 1.2 無需特別準備。
2. 放射製劑種類與劑量：
 - 2.1 製劑：鎝-99m 乙二硫琥珀酸 (Tc-99m DMSA)
 - 2.2 劑量：5 mCi (185 MBq)
*小兒劑量依體表面積公式計算
3. 儀器造影條件：
 - 3.1 準直儀：
 - 3.1.1 平行式、低能量、多用途準直儀
 - 3.2 能階能窗：140 KeV \pm 15%
 - 3.3 Byte/Word 模式：Word
 - 3.4 影像收集計數或時間：每張影像計數值為 150 K counts。
4. 檢查步驟：
 - 4.1 簡單向受檢者說明檢查過程，並請其儘量配合。
 - 4.2 患者採仰躺於檢查床上，將偵檢器置於背後，收集 400 K 影像一張。
 - 4.3 將平行式準直儀更換為針孔式準直儀。
 - 4.4 收集前位、後位、左後斜位、右後斜位影像，每張收集 150 K counts 的影像。
5. 影像處理步驟：
 - 5.1 先呈現針孔式準直儀所收集之後位影像，圈出左、右腎臟(ROI)，電腦根據所選之 ROI，取得計數並計算出左、右腎攝取計數之比值。
 - 5.2 接著呈現前位影像，採如上步驟，計算出左、右腎攝取計數之比值。
 - 5.3 將結果上傳至 PACS 系統。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	15/47

- 5.4 呈現平行式準直儀所收集之後位影像，圈出左、右腎臟之 ROI，取得計數並計算出左、右腎攝取計數之比值。
- 5.5 最後呈現針孔準直儀所收集之左後斜位及右後斜位影像兩張，將結果上傳至 PACS 系統。
6. 注意事項：Tc-99m DMSA 腎臟皮質照影是一項安全性極高的非侵襲性檢查，由於操作簡單，又不會造成病人痛苦的感覺，特別適合嬰兒、幼童病患。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	16/47

健保編號：26021B 腎上腺掃描 (NP-59 Adrenal cortical scan or I-131-MIBG scan)

A、腎上腺皮質掃描 (NP-59 Adrenal cortical scan)

1. 檢查準備事項：

1.1 檢查前一週開始停用腎上腺皮質類固醇(glucocorticoids, dexamethasone) 抗高血壓藥物 (ACEI, Ca blockers)，促腎上腺皮質激素 (Exogenous ACTH)，降膽固醇藥物 (cholesterol-lowering agents)，所有的利尿劑及口服避孕藥。以保護甲狀腺。

1.2 注射藥物前兩日需開始服用 Lugol's 藥液，每日 2 次餐後服用、每次 3 滴 (與凱水一起服用或加水稀釋後服用)，共服用 10 日。

1.3 於注射藥物 (NP-59) 後的第 1、4、6 天，於晚上 8 點服用 2 顆瀉劑，同時喝 500cc 的開水。以避免藥物的代謝產物積於腸道中，影響影像判讀。

1.4 注射藥物前 5 天開始服用 Dexamethasone，每日 2 次，每次 4 粒藥片，於早餐後即睡前 (或宵夜後) 服用，直至檢查結束為止。

2. 放射製劑種類與劑量：

2.1 製劑：碘-131 -NP59

2.2 劑量：2mCi (74MBq)

*小兒劑量依體表面積公式計算

3. 儀器錄影條件：

3.1 準直儀：平行式、高能量、中靈敏度準直儀

3.2 能階能窗：384 KeV \pm 15%

3.3 矩陣大小：全身掃描：256*1024，局部掃描：512*512

3.4 放大倍數：1

3.5 Byte/Word 模式：Word

3.6 影像收集時間：

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	17/47

3.6.1 全身掃描掃描速率：每分鐘 15 公分

3.6.2 局部掃描時間：30 分鐘

3.7 錄影收集影像模式：靜態式掃描

4. 檢查步驟：

4.1 簡單向受檢者說明檢查過程，並請儘量合作配合。

4.2 第一天於注射 I-131-NP-59，並與受檢者約定第二、五、七天之到達時間後，受檢者即可離開。

4.3 第二、五、七天於受檢者報到後，請受檢者仰躺於檢查床上，將檢查床與偵測器移至定位後，從頭到腳收集正面及背面的影像。

4.4 全身掃描後再針對病灶處或應醫師要求加照局部影像或斷層造影。

5. 影像處理步驟：

5.1 將正面及背面相以 256*512 的矩陣大小同時呈現在螢幕上。

5.2 若有必要加照局部影像，以 512*512 的矩陣大小呈現在螢幕上。

5.3 將影像結果上傳至 PACS 系統。

B、腎上腺髓質掃描(I-131 MIBG scan)

1. 檢查準備事項：檢查前七日需開始服用 Lugol's Solution，每日 3 次、每次 2 滴。

2. 放射製劑種類與劑量：

2.1 製劑：碘-131 間碘苯甲基月瓜 (I-131 MIBG) 及鎝-99m 乙二硫琥珀酸 (Tc-99m DMSA)

2.2 劑量：I-131 MIBG 500 uCi (18.5 MBq)；

Tc-99m DMSA 10 mCi (370 MBq)

*小兒劑量依體表面積公式計算

3. 儀器錄影條件：

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	18/47

3.1 準直儀：平行式、高能量、中靈敏度準直儀

3.2 能階能窗：I-131 384 KeV $\pm 15\%$ 、Tc-99m 140 KeV $\pm 10\%$

3.3 矩陣大小：全身掃描：256*1024，局部掃描：512*512

3.4 放大倍數：1

3.5 Byte/Word 模式：Byte

3.6 影像收集時間：

3.6.1 全身掃描掃描速率：每分鐘 10 公分(SCAN_ MIBG1)及每分鐘 15 公分(SCAN_ MIBG3)

3.6.2 局部掃描時間：30 分鐘

3.7 錄影收集影像模式：靜態式掃描

4. 檢查步驟：

4.1 簡單向受檢者說明檢查過程，並請儘量合作配合。

4.2 第一天於注射 I-131 MIBG，並與受檢者約定第二天之到達時間後，受檢者即可離開。

4.3 第二天注射 Tc-99m DMSA 後 2-3 小時，開始造影。

4.4 安置病患於掃描床上，將掃描床與偵測器至定位後，以“SCAN_MIBG1”程式掃描從頭到腳收集正面及背面的影像。

4.5 再將掃描床與偵測器至定位後，以“SCAN_MIBG3”程式掃描從頭到腳收集正面及背面的影像（掃描位置必須與 5.4 相同）。

4.6 以“STAT_MIBG2”程式局部掃描腎臟的正面及背面的影像，時間為 30 分鐘。

4.7 分別在注射 Tc-99m DMSA 後 48 小時及 72 小時重複 5.4~5.6 之步驟。

5. 影像處理步驟：

5.1 將 Tc-99m DMSA 全身掃描的影像刪除背景後與 I-131 MIBG 全身掃描的影像和重疊在一起。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	19/47

5.2 將 Tc-99m DMSA 局部掃描的影像刪除背景後與 I-131MIBG 局部掃描的影像重疊在一起。

5.3 將重疊在一起的影像標注造影時間，並呈現於螢幕上。

5.4 將螢幕上的影像上傳至 PACS 系統。

6. 注意事項：

6.1 因造影時間較長，故造影前先請受檢者解小便。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	20/47

健保編號：26023B 心肌梗塞攝影 (Myocardial infarct study)

1. 檢查前準備事項：

1.1 無須特別準備，但注射藥劑後須等待 3~4 小時方能造影，鼓勵病人在此時多喝水 (若心臟負荷沒問題)。

1.2 掃瞄前要取出身上金屬物品。

2. 放射製劑種類與劑量：

2.1 製劑：銻-99m 焦磷酸鹽 (Tc-99m PYP)

2.2 劑量：成人 15-25 mCi (555~925 MBq)

*小兒劑量依體表面積公式計算

3. 儀器造影條件：

3.1 準直儀：平行式、低能量、多用途準直儀

3.2 能階能窗：140 KeV \pm 10%

3.3 矩陣大小：512 x512

3.4 放大倍數：1

3.5 Byte/Word 模式：Byte

3.6 影像收集計數或時間：每張影像計數值為 500 K counts

3.7 錄影收集影像模式：靜態式掃描

4. 檢查步驟：

4.1 簡單向受檢者說明檢查過程，並請其儘量合作配合。

4.2 造影前，請病人清除身上所有金屬物品。

4.3 造影方式：採局部掃描，每張影像計數值為 500 K counts

4.3.1 前位 (Anterior view)

4.3.2 30 度左前斜位 (30° LAO view)

4.3.3 45 度左前斜位 (45° LAO view)

4.3.4 60 度左前斜位 (60° LAO view)

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	21/47

4.3.5 左側位 (Left Lat. View)

5. 影像處理步驟：

5.1 將五張影像同時呈現於螢幕上，並標註造影角度。

5.2 將螢幕上之影像上傳至 PACS 系統。

6. 注意事項：

6.1 檢查此種病患最好有 ECG 監測儀和急救設備。

6.2 檢查急性心肌梗塞最佳時機為發作後 48-72 小時。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	22/47

26025B 壓力/休息態心肌灌注掃描 (Stress/Rest myocardial perfusion scan)

1. 檢查準備事項：

1.1 運動壓力鉈-201 心肌造影檢查：

1.1.1 檢查前一天晚上禁食 (至少 6 小時)。

1.1.2 若干影響運動檢查的藥劑必須於檢查前停用，例如乙型阻斷劑於檢查前 3 天，鈣離子阻斷劑於檢查前 2~3 天停藥。

1.1.3 運動壓力態造影完成後須休息 3~4 小時，方可進行休息態造影，等待期間病患仍需禁食，只能喝水；若病患無法忍受饑餓，則可少許稀飯或兩片白土司。

1.1.4 運動壓力態造影完成後，若干影響休息狀態檢查的藥劑及糖尿病的藥劑仍須停用，且不可喝含有咖啡因成份之飲料。

1.2 Dipyridamole (商品名 persantin) 藥物壓力鉈-201 心肌造影檢查：

1.2.1 停用含 aminophylline 或 theophylline 的藥劑或食品 (至少 24 小時以上)。

1.2.2 準備 aminophylline 針劑(250mg/10ml)作為因 dipyridamole 導致嚴重副作用之解劑。

2. 放射製劑種類與劑量：

2.1 製劑：鉈-201 氯化亞鉈 (Tl-201)

2.2 劑量：2-3 mCi (74~111 MBq)

*小兒劑量依體表面積公式計算

3. 儀器造影條件：

3.1 準直儀：平行式、低能量、多用途準直儀

3.2 能階能窗：70 ±15%

167 ±10%

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	23/47

3.3 矩陣大小：64*64

3.4 放大倍數：1

3.5 Byte/Word 模式：Byte

3.6 間隔角度：3 度

3.7 環繞角度：180 度

3.8 影像收集時間或計數：每一張影像 23 秒

3.9 錄影收集影像模式：間隔式

4. 檢查步驟：

4.1 運動壓力態造影

4.1.1 告知病患檢查目的，檢查當中不可移動，若有身體不適，儘速告知工作人員。

4.1.2 貼置電極片，記錄患者的靜態 ECG。

4.1.3 準備靜脈留置針注射套組於運動時容易注射藥物的血管。

4.1.4 依據 Bruce 議定程序使走步機啟動讓病患運動。

4.1.5 於心跳速率到達最大量的 85%以上時，注射鉈-201，注射後再讓病患繼續運動 60-90 秒，不可停歇，以免心臟血管負荷降低。

4.1.6 運動完後休息 15~20 分鐘再進行造影。

4.1.7 檢視掃描路徑是否有障礙物，調整適當的旋轉半徑，以不碰到病患但越貼近越好為原則。

4.2 藥物壓力態造影

4.2.1 告知病患檢查目的，檢查當中不可移動，若有身體不適，儘速告知工作人員。

4.2.2 貼置電極片，記錄患者的靜態 ECG。

4.2.3 準備靜脈留置針注射套組，供注射 dipyridamole 及 TI-201 之用。

4.2.4 靜脈注射 dipyridamole，速度為 0.15mg/kg/min (全程約 4 分鐘)。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	24/47

4.2.5 注射途中，每 2 分鐘紀錄一次 EKG 及測量血壓、心跳等。

4.2.6 造影條件、方式同運動壓力態造影。

4.3 休息態造影

4.3.1 於運動壓力態造影完成後 3~4 小時進行休息態造影

4.3.2 告知病患檢查目的，檢查當中不可移動。

4.3.3 貼置電極片，記錄患者的靜態 ECG。

4.3.4 造影條件、方式同壓力態造影。

5. 影像處理步驟：

5.1 使用影像處理程式，將動態心肌造影之資料，經過適當的過濾器篩濾雜訊，而後重組成短軸 (short axis)、水平長軸 (horizontal axis) 以及垂直長軸 (vertical axis) 之影像並上傳至 PACS 系統。

5.2 將重組後的影像儲存於電腦中，配合靜態心肌灌注掃描，合成 3D 立體圖及 MAP 牛眼圖並上傳至 PACS 系統。

6. 注意事項：

6.1 若受檢者無法運動或運動不足以讓心跳速率達到最大量的 85%，則選擇藥物壓力造影。

6.2 在運動壓力造影檢查期間，須全程監測受檢者的心跳及血壓，若發生心跳加快但血壓下降的情形時，須立刻停止加壓。

6.3 藥物 (dipyridamole) 壓力造影時，受檢者若發生明顯的副作用 (如噁心、嘔吐、頭暈) 等，則可以靜脈注射 aminophylline 的方式因應，唯注射的速度不可太快。

6.4 檢查過程中，操作人員必須隨時注意受檢者的狀況，若發生異常現象，即應聯絡負責醫師處理。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	25/47

健保編碼：26026B 邁克氏憩室掃描 (Meckle's diverticulum scan)

1. 檢查準備事項：受檢者需空腹 6 小時。
2. 放射製劑種類劑量：
 - 2.1 製劑：鎝-99m 過鎝酸鹽 ($^{99m}\text{TcO}_4^-$)
 - 2.2 劑量：成人 3-5 mCi(111-185 MBq)
*小兒劑量依體表面積公式計算
3. 儀器錄影條件：
 - 3.1 準直儀：平行式、低能量、多用途準直儀
 - 3.2 能階能窗：140 KeV \pm 10%
 - 3.3 矩陣大小：512 *512
 - 3.4 放大倍數：1
 - 3.5 Byte / Word 模式：Word
 - 3.6 影像收集計數或時間：每一張影像計數值為 400 K counts
 - 3.7 錄影收集影像模式：動態及靜態式掃瞄
4. 檢查步驟：
 - 4.1 簡單向受檢者說明造影步驟，並請其儘量合作配合。
 - 4.2 病患仰躺於檢查床，將偵檢器移至適當位置。
 - 4.3 在放射師的相互配合下，在放射藥劑經由手部靜脈注入體內的同時，開始收集血流相影像 (約需 5 分鐘)。
 - 4.4 受檢者採仰睡姿，於注射放射性製劑後的 5 分鐘、10 分鐘、15 分鐘、30 分鐘、60 分鐘及 120 分鐘進行前位靜態造影。
5. 影像處理步驟：
 - 5.1 將動態影像呈現於螢幕上並上傳至 PACS 系統。
 - 5.2 每次選擇 4 張不同時段的影像，同時呈現於螢幕上並上傳至 PACS 系統。
6. 注意事項：

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	26/47

6.1 造影時需包括膀胱上半部。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	27/47

健保編號：26029B 全身骨骼掃描 (Whole body bone scan)

1. 檢查前準備事項：無須特別準備，注射放射藥物後需等待 3 至 4 小時，在這段時間內鼓勵病人多喝水，多小便。
2. 放射製劑種類劑量：
 - 2.1 製劑：鎳-99m 亞甲基雙磷酸鹽 (Tc-99m MDP)
 - 2.2 劑量：成人 15-20mCi (555-740 MBq)
*小兒劑量依體表面積公式計算
3. 儀器造影條件：
 - 3.1 準直儀：平行式、低能量、多用途準直儀
 - 3.2 能窗範圍：140 KeV \pm 10%
 - 3.3 影像收集計數或時間：每分鐘 15 公分
4. 檢查步驟：
 - 4.1 簡單向受檢者說明檢查過程，並請其盡量配合。
 - 4.2 檢查前，請病人解小便並清除身上所有金屬物品。
 - 4.3 請受檢者仰躺於檢查床上，先固定綁帶再將檢查床及偵測器移至定位後，從頭到腳掃描，收集全身正面及背面影像。
 - 4.4 全身掃描後再針對病灶處或應醫師要求加照局部影像或斷層造影。
5. 影像處理：
 - 5.1 將正面及背面相以 256*512 的矩陣大小同時呈現在螢幕上。
 - 5.2 若有必要加照局部影像，以 512*512 的矩陣大小呈現在螢幕上。
 - 5.3 將影像結果上傳至 PACS 系統。
6. 注意事項：
 - 6.1 囑咐受檢者在檢查中不要任意移動身體。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	28/47

健保編號：26030B 鎳-67 腫瘤攝影 (Ga-67 tumor survey)

1. 檢查前準備事項：無須特別準備。
2. 放射製劑種類劑量：
 - 2.1 製劑：鎳-67 檸檬酸鹽 (Ga-67 Citrate)
 - 2.2 劑量：成人 3-5 mCi (111-185 MBq)
*小兒劑量依體表面積公式計算
3. 儀器造影條件：
 - 3.1 準直儀：平行式、高能量、中靈敏度準直儀
 - 3.2 能階能窗：93 KeV \pm 13% ; 184 KeV \pm 10% ; 300 KeV \pm 10%
 - 3.3 影像收集計數或時間：每分鐘 15 公分
4. 檢查步驟：
 - 4.1 簡單向受檢者說明檢查過程，並請其盡量配合。
 - 4.2 掃瞄前請病人解小便，並清除身上所有金屬物品。
 - 4.3 請受檢者仰躺於檢查床上，先固定綁帶再將檢查床及偵測器移至定位後，
從頭到腳掃瞄，收集全身正面及背面影像。
 - 4.4 全身掃瞄後再針對病灶處或應醫師要求加照局部影像或斷層造影。
 - 4.5 分別在注射後的第 24、48 及 72 小時，實施以上造影步驟。
5. 影像處理：
 - 5.1 將正面及背面相以 256*512 的矩陣大小同時呈現在螢幕上。
 - 5.2 若有必要加照局部影像，以 512*512 的矩陣大小呈現在螢幕上。
 - 5.3 將影像結果上傳至 PACS 系統。
6. 注意事項：
 - 6.1 若病人腸胃道清除的不夠乾淨，則給予緩瀉劑或灌腸。
 - 6.2 囑咐受檢者在檢查中不要任意移動身體。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	29/47

健保編號：26031B 鎳-67 炎症掃瞄 (Ga-67 inflammation scan)

1. 檢查前準備事項：無須特別準備。
2. 放射製劑種類劑量：
 - 2.1 製劑：鎳-67 檸檬酸鹽 (Ga-67 citrate)
 - 2.2 劑量：成人 3-5 mCi (111-185 MBq)
*小兒劑量依體表面積公式計算
3. 儀器造影條件：
 - 3.1 準直儀：平行式、高能量、中靈敏度準直儀
 - 3.2 能窗範圍：93 KeV \pm 13%；184 KeV \pm 10%；300 KeV \pm 10%
 - 3.3 影像收集計數或時間：每分鐘 15 公分
4. 檢查步驟：
 - 4.1 簡單向受檢者說明檢查過程，並請其盡量配合。
 - 4.2 掃瞄前請病人解小便，並清除身上所有金屬物品。
 - 4.3 請受檢者仰躺於檢查床上，先固定綁帶再將檢查床及偵測器移至定位後，從頭到腳掃瞄，收集全身正面及背面影像。
 - 4.4 全身掃瞄後再針對病灶處或應醫師要求加照局部影像或斷層造影。
 - 4.5 分別在注射後的第 6、24 及 48 小時，實施以上造影步驟。
5. 影像處理：
 - 5.1 將正面及背面相以 256*512 的矩陣大小同時呈現在螢幕上。
 - 5.2 若有必要加照局部影像，以 512*512 的矩陣大小呈現在螢幕上。
 - 5.3 將影像結果上傳至 PACS 系統。
6. 注意事項：
 - 6.1 若病人腸胃道清除的不夠乾淨，則給予緩瀉劑或灌腸。
 - 6.2 囑咐受檢者在檢查中不要任意移動身體。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	30/47

健保編碼：26040B 肝膽道閃爍攝影 (Cholescintigraphy)

1. 檢查準備事項：病人要先禁食 6 小時，受檢途中可能須吃一至二個荷包蛋。
2. 放射製劑種類劑量：
 - 2.1 製劑：鎝-99M 二異丙亞月安乙醯乙酸 (Tc-99m DISIDA)
 - 2.2 劑量：成人 3-5 mCi (111-185 MBq)
*小兒劑量依體表面積公式計算
3. 儀器錄影條件：
 - 3.1 準直儀：平行式、低能量、多用途準直儀
 - 3.2 能階能窗：140 KeV \pm 10%
 - 3.3 矩陣大小：
 - 3.3.1 128*128 (動態影像)
 - 3.3.2 512*512 (靜態影像)
 - 3.4 放大倍數：1
 - 3.5 Byte / Word 模式：Word
 - 3.6 影像收集計數或時間：動態影像每 3 秒一張，共收集 2 分鐘；靜態影像則每一張影像計數值為 400K counts。
 - 3.7 錄影收集影像模式：動態式掃瞄與靜態式掃瞄
4. 檢查步驟：
 - 4.1 簡單向受檢者說明造影步驟，並請其儘量合作配合。
 - 4.2 於注射放射性製劑後的第 5 分鐘、10 分鐘、15 分鐘、30 分鐘、60 分鐘、2 小時、4 小時、6 小時及 24 小時進行靜態造影 (前位)。
5. 影像處理步驟：
 - 5.1 每次選擇 4 張影像，同時呈現於螢幕上。
 - 5.2 將螢幕上之影像上傳至 PACS 系統。
6. 注意事項：

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	31/47

6.1 如果在第 2 小時仍未見膽囊排空，則視情況可以讓受檢者吃一至二個荷包蛋，再觀察其膽囊收縮情形。

6.2 如有必要，於上述每個時間可加照側位。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	32/47

健保編號 26050B 腎功能測定 (Renal function study)

1. 檢查前準備事項：

1.1 檢查前 30 分鐘病人先喝水約 500 cc。

1.2 等候 15 分鐘後，排空膀胱尿液。

2. 放射製劑種類與劑量：

2.1 製劑：碘-131 鄰碘馬尿酸鹽 (I-131 OIH)

2.2 劑量：200 μ Ci (7.4 MBq)

*小兒劑量依體表面積計算

3. 儀器造影條件：

3.1 準直儀：平行式、高能量準直儀

3.2 能階能窗：364 KeV \pm 10%

3.3 矩陣大小：128*128

3.4 放大倍數：1

3.5 Byte/Word 模式：Word

3.6 影像收集計數或時間：

3.6.1 動態檢查：全程收集 30 分鐘

3.6.2 解尿前，解尿後，及打針部位靜態影像：1 分鐘

4. 檢查步驟

4.1 簡單向受檢者說明檢查過程，並請其儘量合作配合。

4.2 病患平躺於檢查床偵檢器移至定位，在放射技術師的相互配合下，放射藥劑經由手或腳部靜脈注入體內的同時，開始收集動態影像 30 分鐘。

4.3 收集解尿前膀胱影像 1 分鐘。

4.4 打針後 35 分鐘，請病人解尿並收集尿液。

4.5 收集解尿後膀胱影像 1 分鐘。

4.6 記錄打針部位的影像 1 分鐘，檢查是否有漏針。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	33/47

4.7 在 44 分鐘時抽 5cc 的血（未注射同位素之手採血）。

5. 影像處理步驟：

5.1 電腦先將 30 分鐘的影像合成一張，以供圈選 ROI，依序為：左腎的 ROI，左腎背景的 ROI，右腎的 ROI，及右腎背景的 ROI。

5.2 依序輸入標準值 (CS)，標準值稀釋倍數 (DILS)，標準值劑量 (DOSES)，注射入之劑量(DOSEI)，血漿計數 (CP)，尿液計數 (CU)，尿液體積 (UV)，尿液稀釋倍數 (DILU)，以配合影像資料，計算 ERPF 及 EI 值。

5.3 電腦顯示影像及所計算的左、右腎之 ERPF 及 EI 值。

5.4 最後將結果上傳至 PACS 系統。

6. 注意事項：

6.1 換腎病人採前位相，其他病人採後位相。

6.2 確實將所有藥劑全部打入病人體內，如有漏針則需另約時間重作。

6.3 如為腎血管性高血壓的病人，在受檢前先量一次血壓，將之記錄下來，在口服 captopril (25mg)後，再每隔 15 分鐘量血壓一次並作記錄，1 小時後再作造影。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	34/47

健保碼：26057B 三相骨骼掃瞄 (Three-phase bone scan)

1. 檢查前準備事項：

1.1 無須特別準備，注射放射藥物後需等待 3 至 4 小時方可作全身骨骼相檢查，在這段時間內鼓勵病人多喝水，多小便。

2. 放射製劑種類劑量：

2.1 製劑：鎝-99m 亞甲基磷酸鹽 (Tc-99m MDP)

2.2 劑量：成人 15-20 mCi (555-740 MBq)

*小兒劑量依體表面積公式計算

3. 儀器造影條件：

3.1 準直儀：平行式、低能量、多用途準直儀

3.2 能階能窗：140 KeV \pm 15%

3.3 放大倍數：1

3.4 矩陣大小：

3.4.1 血流檢查 (dynamic phase)：128*128

3.4.2 血池檢查 (tissue phase)：512*512

3.4.3 骨骼掃描 (bone phase)：256*512

3.5 影像收集時間或計數：

3.5.1 血流檢查：動態式掃瞄，每 3 秒鐘一張，收集 40 張

3.5.2 血池檢查：靜態式掃瞄，每張影像計數值為 400 K counts

3.5.3 骨骼掃描：靜態式掃瞄，每分鐘 15 公分

4. 檢查步驟：

4.1 簡單向受檢者說明檢查過程，並請其儘量合作配合。

4.2 將偵測器移至病灶處。

4.3 在放射技術師的相互配合下，放射藥劑經由手或腳部靜脈注入體內的同時，開始收集血流相影像 (約需 2 分鐘)。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	35/47

4.4 注射後 5 分鐘，開始收集靜態血池相影像。

4.5 再等 3-4 小時收集骨骼相影像 (包括全身正面及背面像必要時加照病灶處之局部像)

5. 影像處理步驟：

5.1 處理程式：從硬碟中選出臨床編號

5.1.1 血流檢查：將影像以 128*128 矩陣大小，呈現在螢幕上。

5.1.2 血池檢查：將影像以 512*512 矩陣大小，呈現在螢幕上。

5.1.3 骨骼相檢查：將影像以 256*512 矩陣大小，呈現在螢幕上。

5.2 將最後影像結果上傳至 PACS 系統。

6. 注意事項：囑咐受檢者在檢查中不要任意移動身體。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	36/47

健保編號：26058B 薦腸關節定量檢查 (Quantitative sacroiliac scan)

1. 檢查前準備事項：

1.1 無須特別準備，注射放射藥物後需等待 3 至 4 小時，在這段時間內鼓勵病人多喝水，多小便。

2. 放射製劑種類劑量：

2.1 製劑：鎝-99m 亞甲基雙磷酸鹽 (Tc-99m MDP)

2.2 劑量：成人 15-20mCi (555-740 MBq)

*小兒劑量依體表面積公式計算

3. 儀器造影條件：

3.1 準直儀：平行式、低能量、多用途準直儀

3.2 能階能窗：140 KeV \pm 10%

3.3 矩陣大小：64*64

3.4 放大倍數：1

3.5 Byte / Word：Byte

3.6 影像收集計數或時間：每一張影像計數值為 400 K counts

4. 檢查步驟：

4.1 簡單向受檢者說明檢查過程，並請其盡量配合。

4.2 請病人解小便，並清除褲子上所有金屬物品。

4.3 讓受檢者採仰躺姿勢雙手放頭上，將偵測器移至骨盆腔，開始收集後位相。

5. 影像處理：

5.1 將影像呈現在螢幕上。

5.2 將薦腸關節位置分上、中、下三區並依序圈選 ROI。

5.3 分別定位三個計數高峰。

5.4 結果以左、右兩邊，上、中、下等六個數值呈現，再將數值記錄在報告上，上傳至 PACS 系統。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	37/47

6. 注意事項：

- 6.1 請病人盡量將身體躺直，使薦腸關節位置對稱。
- 6.2 一定要將尿解乾淨。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	38/47

健保編碼：26060B 核醫出血檢查 (Bleeding scan)

1. 檢查準備事項：受檢者需空腹 6~12 小時。
2. 放射製劑種類劑量：
 - 2.1 製劑：鎳-99m 紅血球 (Tc-99m red blood cell) 或
鎳-99m 硫膠體 (Tc-99m sulfur colloid)
 - 2.2 劑量：成人 3-5 mCi(111-185MBq)
*小兒劑量依體表面積公式計算
3. 儀器錄影條件：
 - 3.1 準直儀：平行式、低能量、多用途準直儀
 - 3.2 能階能窗：140 KeV \pm 10%
 - 3.3 矩陣大小：512*512
 - 3.4 放大倍數：1
 - 3.5 Byte / Word 模式：Word
 - 3.6 影像收集計數或時間：每一張影像計數值為 400 K counts
 - 3.7 錄影收集影像模式：動態及靜態式掃瞄
4. 檢查步驟：
 - 4.1 簡單向受檢者說明造影步驟，並請其儘量合作配合。
 - 4.2 先將氯化亞錫注射入體內，待 15 至 20 分鐘後，以加入抗凝劑的空針抽血 5cc。
 - 4.3 將 5 cc 血液標化上放射性鎳後，再經由手臂靜脈注入受檢者體內。
 - 4.4 病患平躺於檢查床，將偵檢器移至適當位置。
 - 4.5 在放射師的相互配合下，放射藥劑經由手部靜脈注入體內的同時，開始收集動態血流影像 (約需 5 分鐘)。
 - 4.6 受檢者採仰臥姿，於注射放射性製劑後的第 5 分鐘、10 分鐘、15 分鐘、30 分鐘、60 分鐘、2 小時、4 小時、6 小時及 24 小時進行靜態造影〔如

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	39/47

確定診斷可立即停止〕。

4.7 如有必要，可加照側位。

5. 影像處理步驟：

5.1 將動態影像呈現於螢幕上並上傳至 PACS 系統。

5.2 靜態影像每次選擇 4 張不同時段的影像，同時呈現於螢幕上並上傳至 PACS 系統。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	40/47

健保編號 **26063B** 腦質灌注檢查 (Tc-99m ECD CBF & planar study)

1. 檢查準備事項：

- 1.1 受檢者先安置靜脈留置針後，於安靜微暗的房間內休息 15~20 分鐘，再注射檢查藥劑。

2. 放射製劑種類劑量：

- 2.1 製劑：鎝-99m 六甲丙月安月圪 (Tc-99m ECD)
- 2.2 劑量：成人 20 mCi (740 MBq)

*小兒劑量依體表面積公式計算

3. 儀器錄影條件：

- 3.1 準直儀：低能量、高解析度扇形準直儀
- 3.2 能階能窗：140 KeV \pm 10%
- 3.3 矩陣大小：128 *128
- 3.4 放大倍數：1.4
- 3.5 Byte / Word 模式：Word
- 3.6 影像收集計數或時間：每一張影像收集 30 秒
- 3.7 角度間隔：3 度
- 3.8 掃瞄角度範圍：360 度 (每個偵測頭各 180 度)
- 3.9 錄影收集影像模式：間隔式

4. 檢查步驟：

- 4.1 簡單向受檢者說明造影步驟，並請其盡量合作配合。
- 4.2 病人仰躺頭部固定於頭架上，雙臂儘量朝腳方面下垂，交錯置於腹部，減少偵測器碰到肩膀機會，調整偵測器成 90 度。
- 4.3 調整床的高度使頭部與床板置於偵測器的中心，將偵測器向內移動，儘量接近病人，但以不碰到病人為原則 (縮小旋轉半徑)。
- 4.4 試著旋轉偵測器，觀察旋轉路徑是否有撞到任何東西。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	41/47

4.5 檢查記憶體空間，設定錄影條件，觀察影幕位置是否正確。

4.6 囑咐病患錄影中間不可移動，開始造影。

4.7 錄影當中隨時注意病人情況，並儘量保持室內寧靜。

5. 影像處理步驟：

5.1 影像處理：使用 Elscint Xpert 腦部分析程式，設定腦部預重組的範圍，調整位置於中心與角度歸正的垂直選擇。

5.2 進行橫向切面的重組，通常放大比率為 1.845，並選取半徑：60-66 (視頭圍大小而定)。

5.3 重組 Sinogram，並進行扇形準直儀校正計算。

5.4 選擇濾波器處理影像，進行反投射影像重組以及衰減校正計算。

5.5 設定衰減係數：0.11-0.12，利用橫向切面影像資料，重組矢狀切面影像資料和冠狀切面影像資料。

5.6 橫向切面、矢狀切面及冠狀切面等影像的切片厚度可視情況選擇為每張影像 0.11-0.52 公分。

5.7 將橫向切面、矢狀切面及冠狀切面等影像結果上傳至 PACS 系統。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	42/47

健保編號：無 腦部多巴胺轉運體單光子斷層掃描檢查 (Tc-99m TRODAT-1 brain SPECT)

1. 檢查準備事項：

1.1 受檢者先安置靜脈留置針，再注射檢查藥劑。

2. 放射製劑種類劑量：

2.1 製劑：鎝-99m 多巴胺轉運體造影劑 (Tc-99m TRODAT-)

2.2 劑量：成人 28 mCi (952 MBq)

*小兒劑量依體表面積公式計算

3. 儀器錄影條件：

3.1 準直儀：低能量、高解析度扇形準直儀

3.2 能階能窗：140 KeV \pm 10%

3.3 矩陣大小：128 *128

3.4 放大倍數：1.4

3.6 Byte / Word 模式：Word

3.7 影像收集計數或時間：每一張影像收集 30 秒

3.8 角度間隔：3 度

3.9 掃瞄角度範圍：360 度 (每個偵測頭各 180 度)

3.10 錄影收集影像模式：間隔式

4. 檢查步驟：

4.6 簡單向受檢者說明造影步驟，並請其盡量合作配合。

4.7 病人仰躺頭部固定於頭架上，雙臂儘量朝腳方面下垂，交錯置於腹部，減少偵測器碰到肩膀機會，調整偵測器成 90 度。

4.8 調整床的高度使頭部與床板置於偵測器的中心，將偵測器向內移動，儘量接近病人，但以不碰到病人為原則 (縮小旋轉半徑)。

4.9 試著旋轉偵測器，觀察旋轉路徑是否有撞到任何東西。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	43/47

4.10 檢查記憶體空間，設定錄影條件，觀察螢幕位置是否正確。

4.11 囑咐病患錄影中間不可移動，開始造影。

4.12 錄影當中隨時注意病人情況。

5. 影像處理步驟：

5.6 影像處理：使用 Elscint Xpert 腦部分析程式，設定腦部預重組的範圍，調整位置於中心與角度歸正的垂直選擇。

5.7 進行橫向切面的重組，通常放大比率為 1.845，並選取半徑：60-66 (視頭圍大小而定)。

5.8 重組 Sinogram，並進行扇形準直儀校正計算。

5.9 選擇濾波器處理影像，進行反投射影像重組以及衰減校正計算。

5.10 設定衰減係數：0.12，利用橫向切面影像資料，重組矢狀切面影像資料和冠狀切面影像資料。

5.11 橫向切面、矢狀切面及冠狀切面等影像的切片厚度可視情況選擇為每張影像 0.14-0.52 公分。

5.12 影像列印顯示：使用熱昇華印表機 Codonics NP-1600 Photographic Network Printer 以 A4 大小的熱昇華專用紙列印影像。

5.13 選擇橫向切面影像中尾核、殼核及枕葉的部分，選出三張圈選 ROIs 並紀錄每單位像素的 count 值後再取平均值，分別將尾核及殼核每單位像素的 count 值扣除枕葉每單位像素的 count 值再除以枕葉每單位像素的 count 值，所求得之比值紀錄於已列印影像背面。

5.14 將橫向切面、矢狀切面及冠狀切面等影像結果及尾核、殼核之比值上傳至 PACS 系統。

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	44/47

健保編號：無 檢查項目名稱：閃爍攝影機品質管制

1. 品質管制所需物質：

1.1 假體：Bar，SPECT，Jaszczak 或其他假體。

1.2 射源：Co-57，Tc-99m 或其他核種。

2. 放射製劑種類與劑量：

2.1 Co-57 Sheet Flood Source 強度約 5 ~ 10 mCi (185 ~ 370MBq)，用於每天品管。

2.2 Tc-99m Point Source 約 1 mCi (37 MBq)，用於每週品管之旋轉中心測試。

2.3 Tc-99m 約 20 mCi (740 MBq)，用於每月至每季品管性能評估測試時，注射於 SPECT，Jaszczak，或其他假體。

2.4 其他特定核種。

3. 品管造影條件：

3.1 準直儀：平行式多用途或其他準直儀。

3.2 造影程式：QKDLQC (每天品管)，QKWKQC (每週品管)，ECT。

4. 實施步驟：

4.1 常規測試 (routine check)：

4.1.1 每日開機後，應先熱機，並檢查儀器外觀是否正常(如機器零件有無鬆脫等)，並實施簡單的清潔工作(如插拭螢幕與儀器外觀)。

4.1.2 檢查儀器運作環境(如溫，濕度)是否正常，並加以調整(如開啟空調)。

4.1.3 檢查 Hard Copy Device (如 Multi-Formatter)及洗片機是否正常。

4.1.4 以 GLEVEL 測試 Detector 水平後，在 Rotate，Move in & out，Up & Down，Tilt 等方向移、轉動，檢查機械動作是否正常。

4.2 每天品管 (daily QC)：

4.2.1 執行 QKDLQC

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	45/47

4.2.2 測量環境背景值 (Background check)，測量前請先檢視環境四週是
否有外露射源，若有，請加以移開或密封。

4.2.3 儀器自動校正 (Autocalibration)。

4.2.4 將 Co-57 Sheet Flood Source 平放於 Collimator 上。

4.2.5 PHA Check (測試能譜 Energy Spectrum 是否正常)。

4.2.6 計數率 (Count Rate) Check (射源強度需介於高低限度內，Helix 為 8
~ 25 Kcount/per head)。

4.2.7 收集 4 M counts 的均勻度 (Uniformity) 影像。

4.2.8 收集完畢後，檢查量測的 Uniformity 參數是否位於許可範圍內。

4.3 每週品管 (weekly QC)：

4.3.1 Bar Phantom 測試：

4.3.1.1 將 Bar Phantom 置於 Detector 與 Flood Source 間，收集 4
M counts 的 Bar Phantom 影像。以測試影像線性度 (Linearity)
及解析度 (Resolution)。

4.3.1.2 由於四象限 (Quadrant) Phantom 每個象限有不同大小的
鉛柵，為測試 Detector 四個象限與 X、Y 方向的性能，Phantom
每週擺的方向 (旋轉、翻轉) 應有不同，每八週循環一次。

4.3.2 旋轉中心測試 (center of rotation test)

4.3.2.1 將 1 mCi 左右的 Tc-99m Point Source 置於 Detector 下方
中心旋轉軸位置。

4.3.2.2 以 STAT 預視影像。旋轉 Detector，以 Frame Size
64x64、Zoom 4 放大影像，調整 Point Source 位置，確定 Point
Source 在 0 度及 90 度時皆位於中心點。

4.3.2.3 以 ECT 收集影像：

Matrix Size：64x64，Zoom：4，Mode：Word

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	46/47

Angular Sampling : 30 per head , Time per Frame : 20 sec

Angular Step : 6 degree , Scan Diameter : 50 cm

4.3.2.4 以 DROT 檢視旋轉中心偏離程度。

4.4 SPECT Phantom 測試 (每月至一季) :

4.4.1 檢視 Daily 及 Weekly QC 的結果，確定 Uniformity , Spatial Resolution , Linearity , Energy Peak 等皆為正常。

4.4.2 Phantom 的準備 :

4.4.2.1 徐徐將水注入 Phantom 容器中，至佔滿 90% 的容器後停止。灌注速度如果太快，會產生氣泡，影響影像品質。

4.4.2.2 將 Tc-99m 注入容器後，密封容器，輕輕搖動使其均勻混合。

4.4.2.3 打開密封，繼續加水至幾乎全滿後，只留少許空間以便繼續輕輕搖動使其均勻混合。

4.4.2.4 打開密封，加水至全滿後密封。

4.4.2.5 另一種放射性溶液的灌注方法為將 Tc-99m 注入另一大型容器，均勻混合後再徐徐注滿 Phantom 容器內。

4.4.3 將 Phantom 固定在頭架後，調整位置使其在 0 度與 90 度時，都位於 Detector 中心位置。

4.4.4 調整旋轉半徑貼近 Phantom (兩個 Detector 必須有相同半徑)，旋轉機臂 360 度，確定不會碰觸到 Phantom 或其他物體。

4.4.5 ECT 收集影像 :

Frame Size : 128 * 128 , Angular Sampling : 60 per head ,

Time per Frame : 約 20 sec (時間可由 500 除以計數率(Kcps)求得)

Rotation : 180 per head , Angular Step : 3 ,

Zoom : 1.3 ~ 2 (必須確定 Phantom 完全位於視野內)。

4.4.6 Normalization

***醫院

文件編號	制定單位	文件名稱	版本	頁次/總頁
110000-3-035	核醫部造影組	核醫檢查標準作業辦法	4	47/47

4.4.7 以 RECONS 重建影像，並以 ATTEN 衰減校正後，檢視影像品質。

5. 影像處理步驟：

5.1 以螢幕目視檢視影像品質，評估儀器性能。

5.2 將結果以 8"×10" 的 X 光片列印，保留存檔。

6. 檢查注意事項：

6.1 Phantom 的準備應小心，避免放射性污染。

6.2 若儀器有異常狀況，應儘速告知維護工程師維修。

