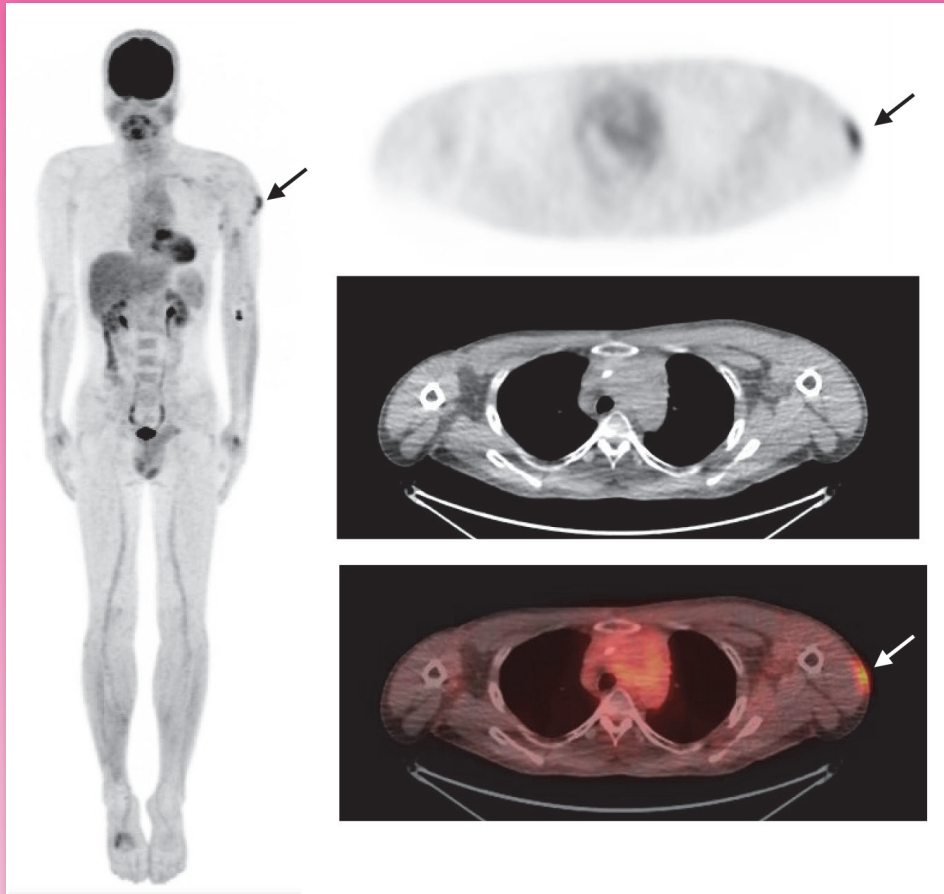


核醫技術學雜誌

Journal of Nuclear Medicine Technology



一位 35 歲男性淋巴癌病人，因懷疑復發執行 PET/CT 檢查，左手肘靜脈注射 FDG。3 個月前在左上臂有接種新冠疫苗，初期像 PET，其左上臂表面有 FDG 攝取 (箭頭)，經追蹤一年，病人此部位沒有任何異狀，病情也沒有轉移到此部位，認為為施打新冠疫苗後的持續性發炎反應，判讀為偽陽性。

Volume 20 Number 1

第二十卷 第一期

December 2023

中華民國一一二年十二月

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)

王昱豐 (Yuh-Feng Wang)
台北榮民總醫院

創刊人 (Original Publisher)

黃延城 (Yan-Cherng Huang)
台北榮民總醫院

總編輯 (Editor-in-Chief)

王秀珊 (Hsiu-Shan Wang)
三軍總醫院

副總編輯 (Associate Editors-in-Chief)

楊邦宏 (Bang-Hung Yang)
台北榮民總醫院
杜高瑩 (Kao-Ying Tu)
台北馬偕醫院

執行秘書 (Production Secretary)

龔瑞英 (Jui-Yin Kung)
台中榮民總醫院

編輯委員 (Editorial Board)

北區
陳恩賜 (En-Shih Cheng)
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

黃馨美 (Hsing-Mei Huang)
國泰醫院

陳雅鳳 (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

郭俊良 (Chun-Liang Kuo)
新竹馬偕醫院

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

張白容 (Pai-Jung Chang)
中山醫學大學附設醫院

姜繼宗 (Chi-Tsung Chiang)
中國醫學大學附設醫院

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

張桂蘭 (Kuei-Lan Chang)
高雄醫學院附設醫院

李世昌 (Shih-Chang Li)
成大醫院

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

許幼青 (You-Ching Hsu)
嘉義慈濟醫院

張紫綺 (Tzu-Chi Chang)
柳營奇美醫院

核醫技術學雜誌

第 20 卷第 1 期 中華民國核醫學學會醫技委員會學誌 中華民國 112 年 12 月發行

原 著

- 以蒙地卡羅模擬實驗評估鉛眼鏡在核子醫學工作環境中的屏蔽效果…………… 1
柴發順 江泰林 歐玲君 李正輝
- 腎絲球過濾率檢查測滿針、空針時，其射源與偵檢器距離對檢查結果的影響…… 15
呂麗如
- 試劑停產實驗室應對策略…………… 21
方雅潔 韓璞 陳芃嘉 王家萱 林慶齡
- 建置核子醫學科放射性污染處置之客觀結構式臨床測驗教案…………… 25
龔瑞英 陳耀文 陳玉雪 陳君豪 謝祖怡 張振榮 蔡世傳
- 利用準直儀敏感度修正法與原檢查法進行相關分析比較
並施行品質管理在腎臟功能性影像…………… 37
張添信 陳慶元 葉馨潔 劉宛茹

病例報告

- 左上臂表面因新冠疫苗注射導致攝取氟-18 去氧氟化葡萄糖之偽陽性
一兩例案例報告…………… 45
吳麗君 顏玉安 李將瑄
- 淋巴瘤患者做 18-FDG 正子斷層掃描時意外發現副甲狀腺有異常活性
吸收之影像討論…………… 51
朱秀蘭 顏維徵 游慧貞
-

Journal of Nuclear Medicine Technology

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

Volume 20, Number 1

ISSN 1818-2712
December 2023

Original Articles

- A Monte Carlo Simulation Experiment of Leaded Radiation Protective Eyewear in Nuclear Medicine Department 1**
Fashun Tsai, Tai-Lin Jiang, Lin-Chun Ou, Cheng-Hui Lee
- Different distance between the radiotracer and detector that influence patient's glomerular filtration rate 15**
Li-Ru Liu
- Laboratory contingency strategy for reagent discontinued 21**
Ya-Chieh Fang, Pu Han, Peng-Chia Chen, Chia-Hsuan Wang, Ching-Ling Lin
- Establishment of an Objective Structural Clinical Examination (OSCE) Teaching Case for the Management of Radioactive Contamination in Nuclear Medicine..... 25**
Jui-Yin Kung, Yao-Wen Chen, Yu-Hsueh Chen, Jyun-Hao Chen, Zu-Yi Hsieh, Chen-Jung Chang, Shih-Chuan Tsai
- Comparative Analysis of Sensitivity Correction Method Using Collimator and Original Inspection Method for Quality Management in Renal Functional Imaging..... 37**
Tien-Hsin Chang, Ching-Yuan Chen, Hsin-Chieh Yeh, Wan-Ju Liu

Case Reports

- False Positive of FDG uptake at the surface of left upper arm due to injection site of COVID-19 vaccine on PET/CT 45**
Li-Chun Wu, Yu-An Yen, Chiang Hsuan Lee
- Image Discussion on Incidental Parathyroid Uptake on 18-FDG PET/CT in Lymphoma Patient: A Case Report 51**
Hsiu-Lan Chu, Wei-Jheng Yen, Hui-Chen Yu

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：王昱豐

醫技委員會主任委員：陳惠萍

總編輯：王秀珊

執行秘書：龔瑞英

投稿信箱：susanwang@ndmctsggh.edu.tw

會址：112 台北市北投區石牌路二段 201 號
核醫部轉核醫學學會

電話：02-2875-7301#587

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

A Monte Carlo Simulation Experiment of Lead Radiation Protective Eyewear in Nuclear Medicine Department

Fashun Tsai, Tai-Lin Jiang, Lin-Chun Ou, Cheng-Hui Lee

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

Abstract

Introduction: Nuclear medicine involves the manipulation of radioisotopes. These radioisotopes and the X-ray radiation emitted by the scanner may induce internal and external exposure of the nuclear medicine department workers when PET/CT and SPECT/CT are used. In radiology departments, try to use lead apron, thyroid shields and lead glasses to protect the body, thyroid gland and eye lens from radiation respectively. These items are made of lead or other radiation-absorbing materials that block or reduce the penetration of radiation. Commonly used lead protective glasses are 0.5mm or 0.7mm lead equivalent thickness. The photons emitted by radioactive isotopes commonly used in nuclear medicine have a higher energy and greater penetrating power than the X-rays used in radiology scans. To assess whether leaded glass spectacles can provide adequate protection in a nuclear medicine examination environment, Monte Carlo simulations were used to verify and demonstrate the shielding effect of different materials of spectacle lenses against 140kVp X-ray, 140keV and 511keV energy photons.

Materials and Methods: Monte Carlo simulations were performed with GATE software. The lead glass substance refers to the Med-X material setting. Simulate 140keV, 511keV single-energy photons and X-rays with tube voltage 140kVp to irradiate the eyeball phantom. The dose distributions of 108 photons were

simulated for direct beam irradiation and shielding with 5mm acrylic (PMMA), 5mm glass, 5mm Med-X glass, 0.5mm lead and 0.7mm lead sheet respectively. Record the dose of the eyeball lens under each irradiation, and the unit is Gray (Gy).

Results: Med-X glass shows a better shielding effect at the same thickness of 5mm. In the simulation of 140kVp X-ray irradiation, the eyeball lens doses under the shielding of 5mm acrylic, 5mm glass, 5mm Med-X glass, 0.5mm lead and 0.7mm lead sheet are 69.66%, 65.44%, 0.30%, 6.46% and 3.16% of those without shielding respectively; 92.64%, 86.28%, 4.74%, 27.06% and 16.05% in the 140keV gamma photon simulations; the simulated dose ratios of 511keV gamma photon irradiation are 94.93%, 90.82%, 77.60%, 92.00% and 89.12%.

Conclusion: The results of this simulation experiment demonstrate that compared to other light-transmitting materials, lead glass of the same thickness does have a better radiation shielding performance. Common 0.5mm and 0.75mm lead equivalent radiation protection glasses may efficiently block the radiation dose brought on by X-ray exposure. Although the absorbed dosage of the eyeball lens is lowered when exposed to 511keV photons, the protective effect is not ideal.

Key word: Monte Carlo simulation, Radiation protection glasses, Lead Glass, Eye lens dosimetry

Received 2023/8/8

Corresponding author: Fashun Tsai

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

Address: No. 95, Wenchang Rd., Shilin Dist., Taipei City 111, Taiwan (R.O.C.)

Division of PET Center

E-mail: T005629@ms.skh.org.tw

J Nucl Med Tech 2023;20:1-13

Introduction

The usage of medical imaging scans, particularly scans using ionizing radiation in the radiology and nuclear medicine departments, has grown significantly in recent years [1]. Ionizing radiation is used extensively in the medical field for both diagnostic and therapeutic purposes. These ionizing radiation scans inevitably lead to radiation exposure of staffs. Radiation exposure can lead to a variety of health problems, including cancer and genetic damage. Therefore, appropriate approaches must be taken to protect healthcare professionals and patients from the harmful effects of radiation [2]. The effects of ionizing radiation are critical to protect against stochastic effects, and effective doses need to be limited. Dose limitation to specific organs is also required to reduce deterministic effects and tissue responses [3]. The International Commission on Radiological Protection (ICRP) has evaluated the epidemiological evidence for certain definitive effects of radiation exposure and has proposed dose limits for occupational personnel that do not exceed 100mSv every five years [4]. ICRP Report No. 118, published in 2012, revised the recommended dose limit for occupational exposure to the crystalline lens of the eye from 150 mSv per year as specified in ICRP Report No. 103 to an average annual dose not exceeding 20 mSv for a five-year cycle, with an equivalent dose not exceeding 50 mSv in any one year [5, 6]. These limitations are based on the principles of justification, optimization, and dose limitation. The principle of justification emphasizes the importance of assessing the necessity of exposing individuals to radiation [7]. It involves evaluating the potential benefits of a radiation source or practice against the potential risks. Essentially, any radiation exposure should be justified by weighing the benefits gained from the procedure against the potential harm caused by radiation. This principle ensures that radiation exposure is only used when the benefits outweigh the risks and that alternative non-radiation methods are considered whenever possible. Optimization, also known as the ALARA principle, stands for “As Low As Reasonably Achievable.” [8, 9] It focuses on minimizing radiation exposure by implementing measures to reduce doses while achieving the

desired outcome. The optimization principle involves an ongoing process of evaluating and implementing radiation protection measures to continuously improve the safety of radiation practices. This principle encourages the use of techniques, equipment, and procedures that reduce radiation doses without compromising the diagnostic or therapeutic goals. It emphasizes the need for regular monitoring, training, and quality control to ensure that radiation doses are kept as low as reasonably achievable. The dose limit principle sets specific numerical values to restrict the maximum radiation dose that individuals may receive. These limitations are set by regulatory authorities and vary depending on the type of radiation, the nature of the exposure, and the environment. Dose limiting is meant to prevent deterministic consequences like tissue damage while keeping the risk of stochastic effects like cancer at an acceptable level. Compliance with dose limits is necessary to protect individuals from excessive radiation exposure and to maintain a safe working or living environment [7, 10, 11].

Staffs working in the field of radiation medicine are exposed to ionizing radiation on a regular basis. To ensure their safety and minimize radiation exposure, various radiation protection equipment is employed. These specialized tools and garments provide a shield against ionizing radiation, reducing the risk of potential health hazards [11-14]. Here are some common radiation protection equipments used by radiology personnel: Lead Aprons, Thyroid Shields and Collars, Radiation Glasses.

Clinical data showed that radiation-related posterior lens clouding was 52% in Interventional cardiologists, 45% in nurses, and 9% in controls [3]. The use of lead-containing safety glasses is one of the most effective ways to protect healthcare workers from exposure to ionizing radiation. These protective devices come in different styles and shapes, such as glasses or goggles, and are made of leaded glass to reduce the amount of radiation reaching the eyes [15]. Theoretically, these safety goggles are more likely to be penetrated by radioisotopes used in nuclear medicine scanning, such as Tc-99m and F-18, which release far greater photon energies than X-ray scans [16].

Thermoluminescence dosimeters (TLD) or other radiation detectors, such as semiconductor detectors and ion chamber detectors, will typically be used to measure the radiation dose that has been absorbed [17-19]. This experiment uses Monte Carlo simulation because the eyeball, the experiment's target organ, is small in size and it is difficult to set up TLD or a big detector for direct measurement. The Monte Carlo simulation is a probability-based calculation, based on the law of large numbers. According to the law of large numbers, the average of the results obtained from a large number of trials should be close to the expected value and tends to become closer to the expected value as more trials are performed [20, 21].

Monte Carlo simulations are now widely used in high-energy physics, mathematics, and even the social sciences. The most popular Monte Carlo simulation codes in radiation physics include MCNP, EGS and GEANT4 [22]. Geant4 (GEometry ANd Tracking) is a Monte Carlo simulation software, its development, maintenance and user support are taken care by the international Geant4 Collaboration [23]. It is primarily designed for applications in high-energy physics experiments, but it has found extensive use in other fields such as medical physics, astrophysics, nuclear engineering, and radiation protection. Compared to software such as MCNP and EGS, the main advantage of GEANT4 is that the source code is completely open, and users can change and extend Geant4 programs according to their actual needs [24]. The Monte Carlo simulation program used in this experiment is GATE (Geant4 Application for Tomographic Emission), which is an advanced opensource software developed by the international OpenGATE collaboration and dedicated to numerical simulations in medical imaging and radiotherapy [24-26]. GATE is based on the Geant4 toolkit, but easier to coding.

A simple geometric model of the eyeball was built for Monte Carlo simulations to verify and demonstrate the shielding efficiency of different materials of lenses on 140keV and 511keV energy photons.

Materials and Methods

The Monte Carlo simulation code used in this experiment is GATE version 9.1 based on Geant4 10.7.0. We built a simple geometric model of the eyeball, which is divided into four parts: the lens, the sclera, the retina, and the vitreous body, to make it easier to observe the radiation dose distribution of photons passing through the eyeball. The sclera is a hollow sphere with a diameter of 11.3~12mm, and the material is set to 'G4_EYE_LENS_ICRP'. The retina is a hollow sphere with a diameter of 11~11.3mm, and the material is set to 'G4_TISSUE_SOFT_ICRP'. The vitreous body is a sphere with a diameter of 11mm, and the material is set to 'G4_ADIPOSE_TISSUE_ICRP'. The XY axial diameter of the shape is 6mm, the Z axial thickness is 1.8mm, the material is 'G4_EYE_LENS_ICRP', and the Z axial displacement from the center of the glass body is 10.4mm. The sclera is a hollow sphere with a diameter of 11.3~12mm, and the material is set to 'G4_EYE_LENS_ICRP'. The retina is a hollow sphere with a diameter of 11~11.3mm, and the material is set to 'G4_TISSUE_SOFT_ICRP'. The vitreous body is a sphere with a diameter of 11mm, and the material is set to 'G4_ADIPOSE_TISSUE_ICRP'. The XY axial diameter of the shape is 6mm, the Z axial thickness is 1.8mm, the material is 'G4_EYE_LENS_ICRP', and the Z axial displacement from the center of the glass body is 10.4mm. The eyeball phantom geometry is presented in Fig.1. The density and element composition of the material settings G4_EYE_LENS_ICRP, G4_TISSUE_SOFT_ICRP, and G4_ADIPOSE_TISSUE_ICRP are shown in Figure 2.

In each simulation experiment, 108 photons were irradiated to the eyeball with a 30mm diameter cylindrical parallel photon beam, and the simulated lenses of different materials were placed 50 mm in front of the eyeball center. Simulated shade lenses include: 5mm Acrylic (PMMA), 5mm Glass, 5mm Med-X Glass, 0.5mm Lead Sheet and 0.7mm Lead Sheet.

A materials database is the primary way for defining the attributes of the materials used in Gate. Materials are defined as combinations of elements in Gate, and they are a crucial parameter that Gate uses for all particle interactions

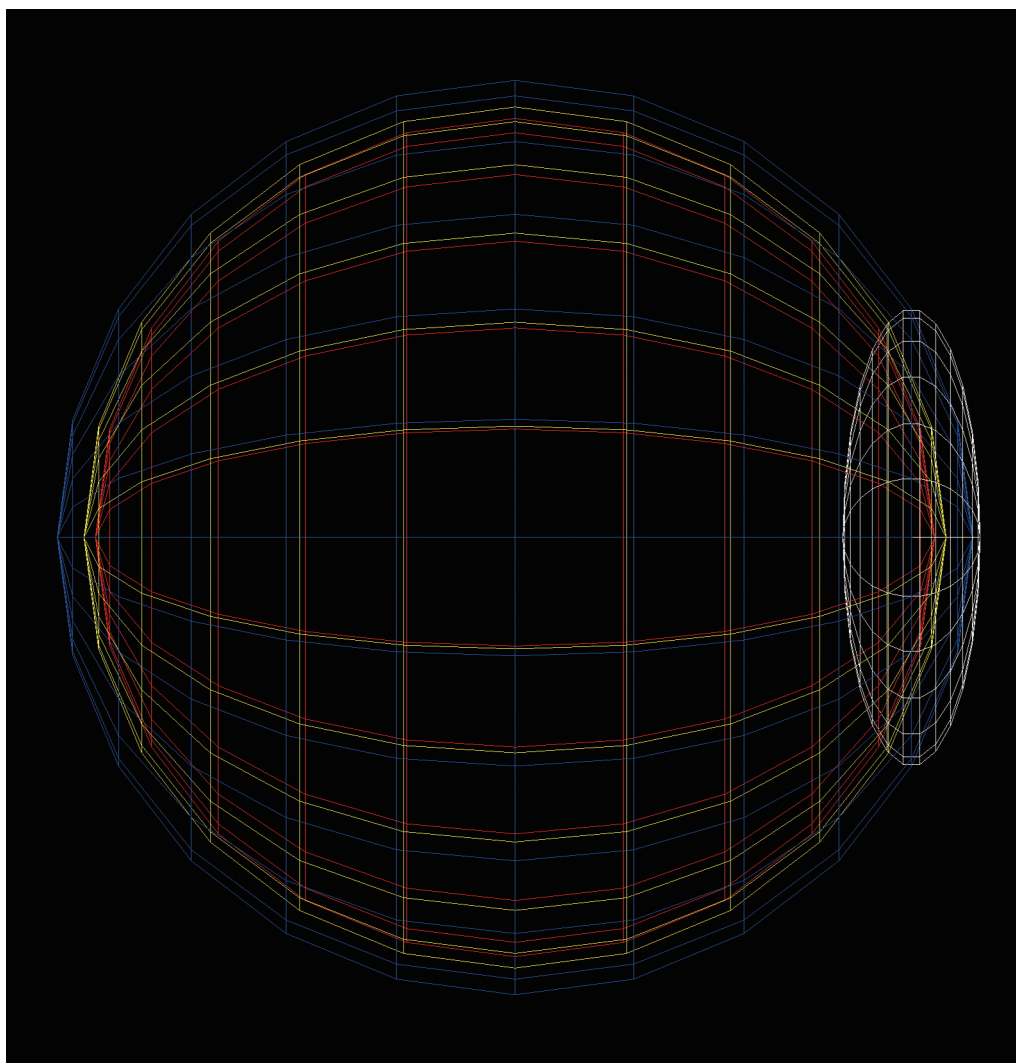


Figure 1. The geometric shape of the eyeball model represented by a wireframe.

that occur during a simulation. These element combinations necessitate the specification of four additional parameters. These are the name, density, constituent elements, and individual abundances of the material. Corning's Med-X glass is a radiation protection glass with a density of $4.8\text{g}/\text{cm}^3$ [27]. According to the manufacturer, the lead equivalent of 5mm Med-X glass is approximately 1-1.7mm. Med-X glass is defined as mixture of elements in the GATE programming. The following is assumed to be the composition of Med-X lead glass: Specific Gravity: $4.8\text{g}/\text{cm}^3$, SiO_2 (26.3%), Al_2O_3

(3.1%), PbO (52.2%), CaO (1.0%), BaO (17.1%), As_2O_3 (0.2%), Sb_2O_3 (0.2%) [28], setting data as shown in Figure 3.

Different type of sources can be defined in the same GATE simulation. Candidates for built-in energy distributions include mono-energetic "Mono", linear "Lin", powerlaw "Pow", exponential "Exp", Gaussian "Gauss", bremsstrahlung "Brem", black-body "Bbody", cosmic diffuse gamma ray "Cdg", user-defined histogram "UserSpectrum", arbitrary point-wise spectrum "Arb", and user-defined energy per nucleon histogram "Epn". The SPEKTR is a

```
G4_EYE_LENS_ICRP: d=1.1 g/cm3; n=4 ;
+el: name=Hydrogen; f=0.099269
+el: name=Carbon ; f=0.19371
+el: name=Nitrogen; f=0.05327
+el: name=Oxygen ; f=0.653751

G4_TISSUE_SOFT_ICRP: d=1.0 g/cm3; n=13 ;
+el: name=Hydrogen ; f=0.104472
+el: name=Carbon ; f=0.23219
+el: name=Nitrogen ; f=0.02488
+el: name=Oxygen ; f=0.630238
+el: name=Sodium ; f=0.00113
+el: name=Magnesium ; f=0.00013
+el: name=Phosphor ; f=0.00133
+el: name=Sulfur ; f=0.00199
+el: name=Chlorine ; f=0.00134
+el: name=Potassium ; f=0.00199
+el: name=Calcium ; f=0.00023
+el: name=Iron ; f=5e-05
+el: name=Zinc ; f=3e-05

G4_ADIPOSE_TISSUE_ICRP : d=0.92 g/cm3; n=13 ;
+el: name=Hydrogen ; f=0.119477
+el: name=Carbon ; 0.63724
+el: name=Nitrogen ; f=0.00797
+el: name=Oxygen ; f=0.232333
+el: name=Sodium ; f=0.0005
+el: name=Magnesium ; f=2e-05
+el: name=Phosphor ; f=0.00016
+el: name=Sulfur ; f=0.00073
+el: name=Chlorine ; f=0.00119
+el: name=Potassium ; f=0.00032
+el: name=Calcium ; 2e-05
+el: name=Iron ; 2e-05
+el: name=Zinc ; 2e-05
```

Figure 2. Density and elemental composition of material settings about G4_EYE_LENS_ICRP, G4_TISSUE_SOFT_ICRP, G4_ADIPOSE_TISSUE_ICRP.

computational toolkit which has been developed to calculate X-ray spectra based on the TASMICS algorithm, updating previous work based on the TASMIP spectral model. The SPEKTR toolkit includes a Matlab function library and improved user interface along with an optimization algorithm to match calculated beam quality with measurements [29]. The overall spatial geometric configuration of the Monte Carlo simulation is shown in Figure 4.

GATE allows to simulate the dose distribution in a phantom during photon beam irradiation simulation.

```
SiO2: d=2.2 g/cm3; n=2 ; state=Solid
+el: name=Silicon ; n=1
+el: name=Oxygen ; n=2

Al2O3: d=3.97 g/cm3; n=2 ; state=Solid
+el: name=Aluminium ; n=2
+el: name=Oxygen ; n=3

PbO: d=9.53 g/cm3; n=2 ; state=Solid
+el: name=Lead ; n=1
+el: name=Oxygen ; n=1

CaO: d=3.35 g/cm3; n=2 ; state=Solid
+el: name=Calcium ; n=1
+el: name=Oxygen ; n=1

BaO: d=5.72 g/cm3; n=2 ; state=Solid
+el: name=Barium ; n=1
+el: name=Oxygen ; n=1

As2O3: d=3.74 g/cm3; n=2 ; state=Solid
+el: name=Arsenic ; n=2
+el: name=Oxygen ; n=3

Sb2O3: d=5.2 g/cm3; n=2 ; state=Solid
+el: name=Antimony ; n=2
+el: name=Oxygen ; n=3

Med-X: d=4.8 g/cm3; n=7; state=solid
+mat: name=SiO2 ; f=0.2630
+mat: name=Al2O3 ; f=0.0310
+mat: name=PbO ; f=0.5220
```

Figure 3. The chemical composition setting data of Med-X glass.

The ‘DoseActor’ is the measurement tool that is used to store the deposited dose in a given box volume. We record the radiation dose in the eye lens phantom. And set ‘EnergySpectrumActor’ to record the fluence and energy deposition spectrum within the eyeball volume. The fluence and energy deposition spectrum could be saved as a ROOT file. The ROOT system in an Object Oriented framework for large scale data analysis [30]. The energy distribution and average energy data of the photons entering the object can be read out through the tools provided by the ROOT framework.

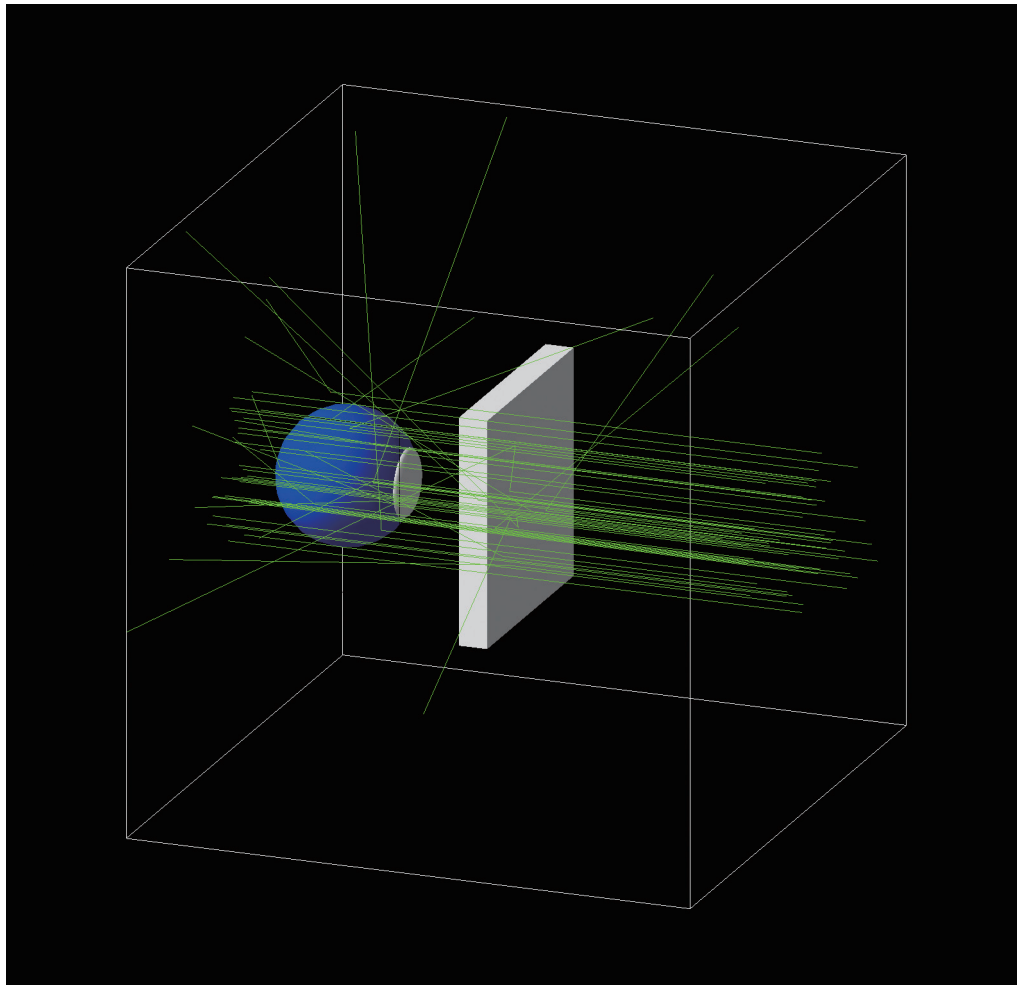


Figure 4. The spatial geometry of the Monte Carlo simulation including photon beam trajectories.

The unit of energy recorded in the ROOT format storage file is million electron volts (MeV).

Result

The absorbed dose of the eyeball lens recorded by Monte Carlo simulation experiments were shown in Table 1. The radiation dose shielding ratio (shielding/ unshielding) of different protective lenses under shading and non-shielding conditions were shown in Table 2.

The energy distribution and average energy of the photons entering the object read by the tools provided by the ROOT framework are sorted into Table 3. The fluence and energy deposition spectrum of the 140kVp X-ray simulation were shown in Figure 5. In Figure 6, we can more intuitively

see the change in the number of photons incident on the eyeball phantom under different energy photons and different shielding materials.

Discussion

When x-rays or gamma rays penetrate the material, certain photons interact with material particles and their energy is absorbed or scattered. Attenuation refers to the combination of absorption and scattering. Other photons travel completely through the object without interacting with any of the material's particles. The number of photons transmitted through a material depends on the thickness, density and atomic number of the material, and the energy of the individual photons. The photon energy absorbed per unit

Table 1. The absorbed dose (Gy) of the eyeball lens recorded by Monte Carlo simulation experiments.

	140kVp X ray	140keV Gamma ray	511keV Gamma ray
No filter	4.41×10^{-6}	6.57×10^{-6}	2.92×10^{-5}
5mm PMMA	3.07×10^{-6}	6.09×10^{-6}	2.77×10^{-5}
5mm Glass	2.89×10^{-6}	5.67×10^{-6}	2.65×10^{-5}
5mm Med-X	1.31×10^{-8}	3.11×10^{-7}	2.27×10^{-5}
0.5mm Lead	2.85×10^{-7}	1.78×10^{-6}	2.69×10^{-5}
0.7mm Lead	1.39×10^{-7}	1.05×10^{-6}	2.60×10^{-5}

Table 2. The radiation dose shielding ratio (shielding/ unshielding) of various protective lenses under shading and non-shielding situations.

	140kVp X ray	140keV Gamma ray	511keV Gamma ray
5mm PMMA	69.66%	92.64%	94.93%
5mm Glass	65.44%	86.28%	90.82%
5mm Med-X	0.30%	4.74%	77.60%
0.5mm Lead	6.46%	27.06%	92.00%
0.7mm Lead	3.16%	16.05%	89.12%

Table 3. Energy Spectrum Fluence of each simulation.

	Photon Entries	Mean Energy \pm SD (MeV)
140kVp X-ray	5.34×10^{-8}	0.061 ± 0.237
140kVp + 5mm PMMA	4.79×10^{-8}	0.062 ± 0.237
140kVp + 5mm Glass	3.74×10^{-8}	0.065 ± 0.023
140kVp + 5mm Med-X	1.69×10^{-6}	0.088 ± 0.019
140kVp + 0.5mm Lead	4.00×10^{-7}	0.078 ± 0.018
140kVp + 0.7mm Lead	1.96×10^{-7}	0.080 ± 0.017
140keV Gamma-ray	5.39×10^{-8}	0.137 ± 0.010
140keV + 5mm PMMA	5.00×10^{-8}	0.137 ± 0.010
140keV + 5mm Glass	4.63×10^{-8}	0.137 ± 0.010
140keV + 5mm Med-X	2.56×10^{-7}	0.133 ± 0.018
140keV + 0.5mm Lead	1.45×10^{-8}	0.137 ± 0.010
140keV + 0.7mm Lead	8.58×10^{-7}	0.137 ± 0.010
511keV Gamma-ray	5.33×10^{-8}	0.499 ± 0.053
511keV + 5mm PMMA	5.09×10^{-8}	0.499 ± 0.054
511keV + 5mm Glass	4.88×10^{-8}	0.498 ± 0.545
511keV + 5mm Med-X	4.15×10^{-8}	0.497 ± 0.058
511keV + 0.5mm Lead	4.93×10^{-8}	0.499 ± 0.053
511keV + 0.7mm Lead	4.78×10^{-8}	0.499 ± 0.054

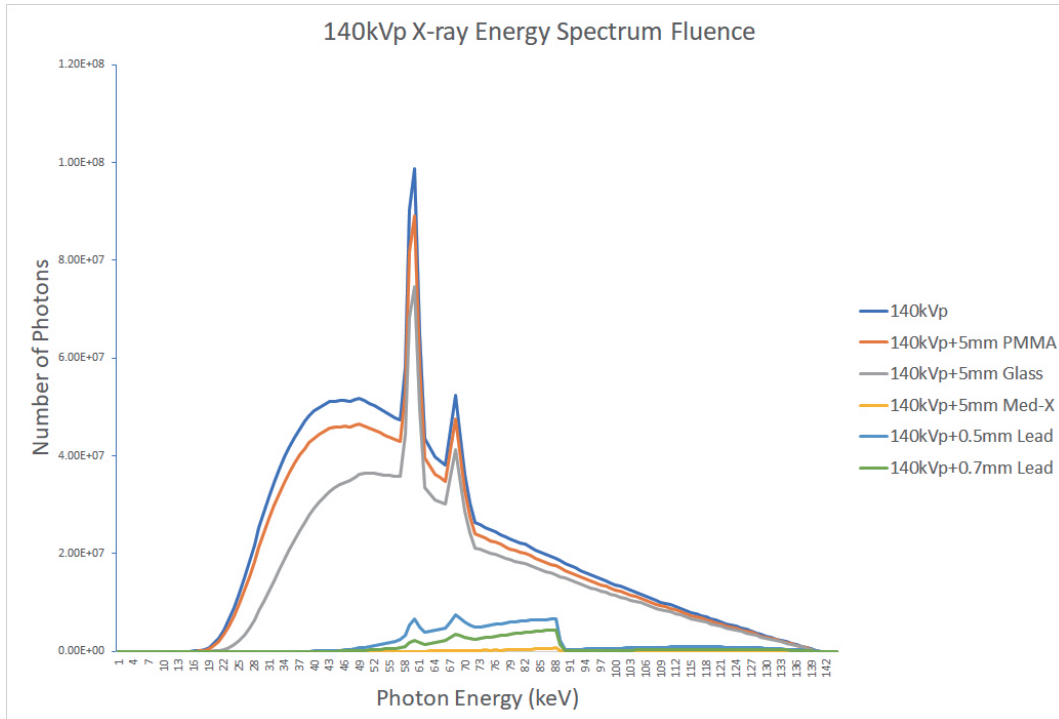


Figure 5. The fluence and energy deposition spectrum of the 140kVp X-ray simulation.

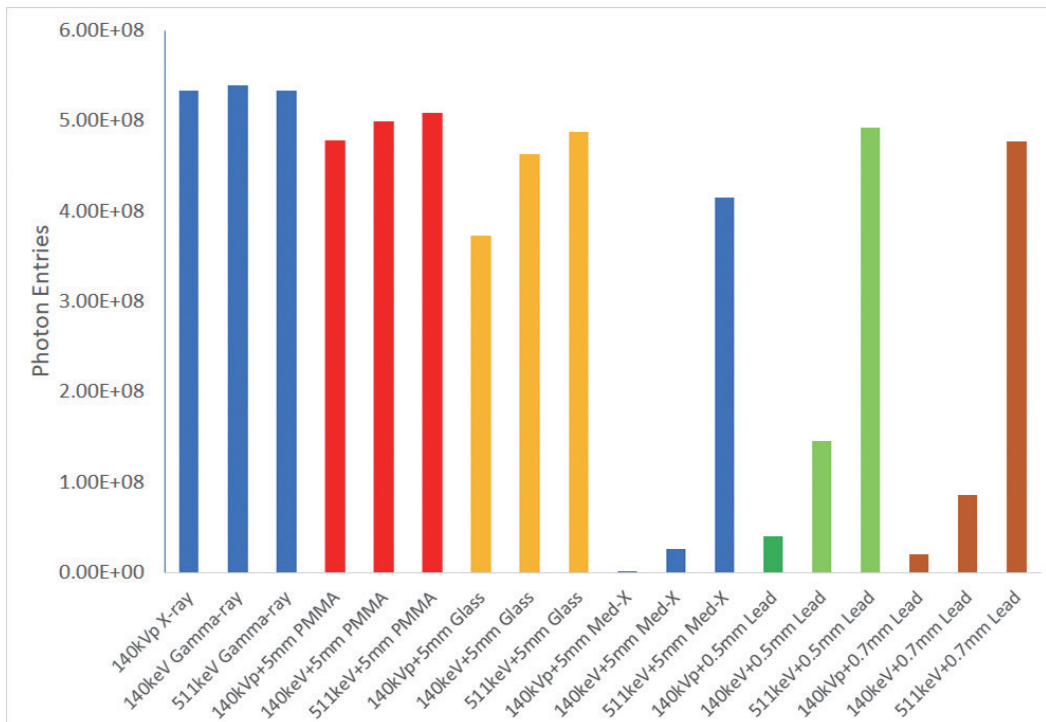


Figure 6. Photon entries of the eyeball phantom under different energy photons and different shielding materials

weight of matter is called radiation absorbed dose, and the unit is Gray [22, 31, 32]. According to the current radiation protection regulations, it is divided into deep dose, superficial dose, and eye lens dose. Reduces stochastic effect risk by limiting absorbed dose.

In order to achieve good ionizing photon shielding efficiency and take into account the transmittance of visible light, radiation protection glasses are usually made of lead glass. Lead glass, sometimes known as crystal, is a kind of glass in which lead substitutes the calcium element of potash glass. Lead glass generally includes 18-40% lead oxide (PbO). The Med-X glass used in this experiment is a type of radiation shielding glass commonly used in hospital X-ray scan departments.

Theoretically, radiation protection glasses are the equivalent of a beam filter, causing the number of emitted photons to decrease compared to the number of incident photons. After the continuous energy spectrum of the X-ray photon beam passes through the filter, lower energy photons are more likely to be blocked, resulting in an increase in the average energy spectrum of the emitted photons, this phenomenon also known as beam hardening [33, 34]. The results of the X-ray simulation experiment in Table 3 clearly show that the average energy of the spectrum increases when lenses of different materials are utilized. The maximum dosage depth will theoretically increase and decrease with photon energy [31-33], and the dose of the eye lens at the shallow section will drop accordingly. It is a very logical and intuitive hypothesis.

In Figure 4, we can clearly see that many photons directly pass through the eyeball phantom, and we can also see that some photons are scattered and deflected. These scattering phenomena can occur in radiation protective lenses, eye ball phantom or in the air. The photon is deflected when it penetrates and interacts with the material, a process known as Compton scattering, which lowers the energy of the dispersed photon. A photon collides with an electron in this process, giving the electron some of the photon's energy. The energy transfer causes the scattered photon to deviate from its initial course. The importance of Compton scattering

comes from the fact that it reveals important details about the energy and direction of the incident photons, enabling the identification of their fundamental characteristics. According to the principle of Compton scattering, the energy of scattered photons is related to the scattering angle, the formula is as follows:

$$\lambda' - \lambda = (h / meC) * (1 - \cos(\theta))$$

where λ' is the wavelength of the scattered photon, λ is the wavelength of the incident photon, h is the Planck constant, me is the mass of the electron, and θ is the scattering angle. The dependence of the scattered photon wavelength change on the scattering angle is also known as the Compton scattering formula. From the Compton scattering formula, it is evident that the wavelength shift ($\lambda' - \lambda$) is directly proportional to the scattering angle (θ) [32]. The wavelength shift grows as the scattering angle rises. As a result, because energy is inversely related to wavelength, the scattered photon's energy diminishes. Therefore, we can infer that as the scattering angle increases in Compton scattering, the energy of the scattered photon decreases. On the other hand, a tiny change in the photon's energy occurs when the scattering angle is small and there is little energy loss.

Compton scattering probability is influenced by the number of available target electrons for interaction. In denser materials, such as those with a higher electron density, there is a greater likelihood of interaction between photons and electrons. Consequently, the probability of Compton scattering increases with increasing material density [32-34]. In denser materials, the number of electrons per unit volume is higher. This higher electron density leads to an increased probability of photons encountering electrons, resulting in a greater likelihood of Compton scattering events occurring. The increased number of scattering events contributes to an overall higher probability of Compton scattering in denser materials. The radioactive isotopes used in the nuclear medicine department emit extra radiation at much higher energies than the average X-ray photon energy in radiology. The gamma photons emitted by these radioisotopes are single energy rays, which are different from the X-ray

energy spectrum distribution. Single-energy photons, like the 511keV gamma ray from the F-18 isotope, attenuate and scatter after entering matter, resulting in a mixture of primary energy peaks and dispersed low-energy photons. Many workers instinctively assume that these scattered low-energy photons will increase the superficial dose or eye lens dose because low-energy photons release energy in the superficial region as they penetrate the body. This could be a misconception about radiation protection. According to the findings of this study, the protective performance of various radiation protection lens materials in 511keV and 140keV gamma photon simulations is not as good as in X-ray simulation results, but the absorbed dose of the eye lens still decreases. The statistics in Table 3 demonstrate that the scattering phenomenon reduces the average energy of single-energy gamma photons, as well as the photon flux entering the eyeball, which is equal to lowering the eyeball's radiation exposure intensity. Experiments have shown that, while the protective lens produces dispersed photons with lower energy, the total absorbed dose by the crystal remains lower.

When choosing lead-based radiation protective eyewear, several variables must be taken into account. These aspects include the protective device's fit, comfort, durability, and radiation attenuation capabilities [35-38]. The results of this simulation study reveal that radiation protective glasses with 0.5mm or 0.7mm lead equivalent thickness, which are routinely used in radiology departments, have good protection performance under general energy X-ray irradiation. The simulation findings also revealed that X-ray protective glasses made of the same material or with the same lead equivalent thickness cannot give the same level of protection in the nuclear medicine department.

Radiation protection eyewear should fit securely, not interfere with procedure performance, and be comfortable to wear for extended periods of time [35-38]. According to the experimental results, in order to achieve an optimal radiation protection effect, the protective lens thickness must be considerably raised, which will finally fail to meet the practicability of the radiation protective glasses. It may be an ideal alternative to install a heavy-duty protective plate

with a higher lead equivalent thickness at a fixed location to cooperate with the inspection process of the nuclear medicine department. These radiation shields' robustness is also crucial since it must be able to endure repeated use, cleaning, and decontamination operations. Based on the three principles of time, distance, and shielding, when sufficient shielding protection cannot be guaranteed, it is still necessary for nuclear medicine staff to pay attention to appropriately reducing the exposure time and increasing the distance from the radioactive source. By following the right procedures, the nuclear medicine department can provide the best possible eye protection against radiation exposure.

Conclusion

The results of this simulation show that lead glass of the same thickness does have better radiation shielding effect than other light-transmitting materials. The common 0.5mm and 0.75mm lead equivalent radiation shielding glasses can effectively shield the radiation dose caused by X-ray irradiation, but under 511keV photon irradiation, the crystal dose decreases but the protection effect is not good.

Reference

1. Ribeiro, A., et al., *Ionising radiation exposure from medical imaging-A review of Patient's (un) awareness*. *Radiography*, 2020. 26(2): p. e25-e30.
2. Brown, N. and L. Jones, *Knowledge of medical imaging radiation dose and risk among doctors*. *Journal of medical imaging and radiation oncology*, 2013. 57(1): p. 8-14.
3. Ciraj-Bjelac, O., et al., *Risk for radiation-induced cataract for staff in interventional cardiology: Is there reason for concern? Catheterization and Cardiovascular Interventions*, 2010. 76(6): p. 826-834.
4. Thorne, M., *ICRP publication 60: 1990 recommendations of the international commission on radiological protection: Annals of the ICRP, 21 (1-3)*, 1991. 1992, Pergamon.
5. Protection, R., *ICRP publication 103*. *Ann ICRP*, 2007. 37(2.4): p. 2.

6. Stewart, F., et al., *ICRP publication 118: ICRP statement on tissue reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs-threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context*. Annals of the ICRP, 2012. 41(1-2): p. 1-322.
7. Valentin, J., *The 2007 recommendations of the international commission on radiological protection*. Vol. 37. 2007: Elsevier Oxford.
8. Prasad, K., W. Cole, and G. Haase, *Radiation protection in humans: extending the concept of as low as reasonably achievable (ALARA) from dose to biological damage*. The British journal of radiology, 2004. 77(914): p. 97-99.
9. Yeung, A., *The 'As Low as Reasonably Achievable' (ALARA) principle: a brief historical overview and a bibliometric analysis of the most cited publications*. Radioprotection, 2019.
10. Del Rosario Pérez, M., *Referral criteria and clinical decision support: radiological protection aspects for justification*. Annals of the ICRP, 2015. 44(1_suppl): p. 276-287.
11. org, E.S.o.R.h.w.m.o.c.m., *White paper on radiation protection by the European Society of Radiology*. Insights into Imaging, 2011. 2(4): p. 357-362.
12. Ploussi, A. and E.P. Efstathopoulos, *Importance of establishing radiation protection culture in radiology department*. World journal of radiology, 2016. 8(2): p. 142.
13. Venneri, L., et al., *Cancer risk from professional exposure in staff working in cardiac catheterization laboratory: insights from the National Research Council's Biological Effects of Ionizing Radiation VII Report*. American heart journal, 2009. 157(1): p. 118-124.
14. Amis Jr, E.S., et al., *American College of Radiology white paper on radiation dose in medicine*. Journal of the american college of radiology, 2007. 4(5): p. 272-284.
15. Chida, K., *What are useful methods to reduce occupational radiation exposure among radiological medical workers, especially for interventional radiology personnel?* Radiological Physics and Technology, 2022. 15(2): p. 101-115.
16. Hirshfeld, J.W., et al., *2018 ACC/HRS/NASCI/SCAI/SCCT expert consensus document on optimal use of ionizing radiation in cardiovascular imaging-best practices for safety and effectiveness, part 2: radiological equipment operation, dose-sparing methodologies, patient and medical personnel protection: a report of the American College of Cardiology Task Force on expert consensus decision pathways*. Journal of the American College of Cardiology, 2018. 71(24): p. 2829-2855.
17. DeWerd, L.A. and L.K. Wagner, *Characteristics of radiation detectors for diagnostic radiology*. Applied radiation and isotopes, 1999. 50(1): p. 125-136.
18. Damulira, E., et al., *A review: Photonic devices used for dosimetry in medical radiation*. Sensors, 2019. 19(10): p. 2226.
19. Horowitz, Y.S., *Thermoluminescence and Thermoluminescent Dosimetry*. 2020: CRC Press.
20. Rubinstein, R.Y. and D.P. Kroese, *Simulation and the Monte Carlo Method*. 2016: Wiley.
21. Landau, D.P. and K. Binder, *A Guide to Monte Carlo Simulations in Statistical Physics*. 2005: Cambridge University Press.
22. McParland, B.J., *Nuclear Medicine Radiation Dosimetry: Advanced Theoretical Principles*. 2010: Springer London.
23. Agostinelli, S., et al., *GEANT4-a simulation toolkit*. Nuclear instruments and methods in physics research section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 2003. 506(3): p. 250-303.
24. Visvikis, D., et al., *Use of the GATE Monte Carlo package for dosimetry applications*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 2006. 569(2): p. 335-340.
25. Jan, S., et al., *GATE: a simulation toolkit for PET and SPECT*. Physics in Medicine & Biology, 2004. 49(19): p. 4543.
26. Sarrut, D., et al., *A review of the use and potential of*

- the GATE Monte Carlo simulation code for radiation therapy and dosimetry applications*. Medical physics, 2014. 41(6Part1): p. 064301.
27. Corning® Med-X® Glass. Available from: <https://www.corning.com/worldwide/en/products/advanced-optics/product-materials/specialty-glass-and-glass-ceramics/radiation-shielding-glass/corning-med-x-glass.html>.
28. Tsuda, K., et al., *The evaluation of the radiation shielding ability of lead glass*. 2010, International Atomic Energy Agency (IAEA): IAEA.
29. Punnoose, J., et al., *spektr 3.0-A computational tool for x-ray spectrum modeling and analysis*. Medical physics, 2016. 43(8Part1): p. 4711-4717.
30. Brun, R. and F. Rademakers, *ROOT-An object oriented data analysis framework*. Nuclear instruments and methods in physics research section A: accelerators, spectrometers, detectors and associated equipment, 1997. 389(1-2): p. 81-86.
31. Lemoigne, Y. and A. Caner, *Radiation Protection in Medical Physics*. 2011: Springer Netherlands.
32. Khan, F.M. and J.P. Gibbons, *Khan's the Physics of Radiation Therapy*. 2014: Lippincott Williams & Wilkins.
33. Bushberg, J.T., *The Essential Physics of Medical Imaging*. 2002: Lippincott Williams & Wilkins.
34. Dowsett, D., P.A. Kenny, and R.E. Johnston, *The Physics of Diagnostic Imaging*. 2006: CRC Press.
35. Budošová, D., et al., *Current trends of radiation protection equipment in interventional radiology*. Radiation Protection Dosimetry, 2022. 198(9-11): p. 554-559.
36. Zadehrafai, M., et al., *Characteristics of lead glass for radiation protection purposes: A Monte Carlo study*. International Journal of Radiation Research, 2020. 18(4): p. 907-912.
37. Barnard, S.G., et al., *Radiation protection of the eye lens in medical workers-basis and impact of the ICRP recommendations*. The British journal of radiology, 2016. 89(1060): p. 20151034.
38. E. Chambers, C., et al., *Radiation safety program for the cardiac catheterization laboratory*. Catheterization and Cardiovascular Interventions, 2011. 77(4): p. 546-556.

以蒙地卡羅模擬實驗評估鉛眼鏡 在核子醫學工作環境中的屏蔽效果

柴發順 江泰林 歐玲君 李正輝

新光吳火獅紀念醫院 正子造影中心

中文摘要

前言

一般常見的鉛防護眼鏡為 0.5mm 或 0.7mm 鉛當量。核子醫學常用的放射性同位素放出的光子能量比傳統 X 光檢查更高。為評估鉛玻璃眼鏡是否能在核醫檢查環境中提供足夠的防護，本實驗採用蒙地卡羅模擬實驗來驗證及展示不同材料的鏡片面對 140keV 及 511keV 能量光子的屏蔽效果。

材料與方法

採用 GATE 軟體進行蒙地卡羅模擬。鉛玻璃物質參考 Med-X 材料設定。模擬 140keV、511keV 單能光子及球管電壓 140kVp 的 X 光，照射眼球假體。分別模擬光束直接照射，以及使用 5mm 壓克力、5mm 玻璃、5mm Med-X 玻璃、0.5mm 鉛和 0.7mm 鉛片屏蔽下照射 10^8 個光子的劑量分布。紀錄每次照射下水晶體的劑量 (Dose)，單位為格雷 (Gray, Gy)。

實驗結果

在 140kVp X 光照射模擬中 5mm 壓克力、5mm 玻璃、5mm Med-X 玻璃、0.5mm 鉛和 0.7mm 鉛片屏蔽下的水晶體劑量分別為無遮蔽下的 69.66%、65.44%、0.30%、6.46% 和 3.16%；140keV 單能光子模擬中為 92.64%、86.28%、4.74%、27.06% 及 16.05%；模擬 511keV 單能光子照射的劑量比為 94.93%、90.82%、77.60%、92.00% 與 89.12%。

結論

常見的 0.5mm 及 0.75mm 鉛當量的輻射防護眼鏡可以有效地屏蔽 X 光照射造成的輻射劑量，但是在 511keV 光子照射下，水晶體劑量雖有下降但防護效果不佳。

關鍵字：蒙地卡羅模擬、鉛防護眼鏡、鉛玻璃、水晶體劑量

核醫技學誌 2023;20:1-13

接受日期：2023 年 8 月 8 日

通訊作者：柴發順

聯絡地址：台北市士林區文昌路 95 號新光吳火獅紀念醫院正子造影中心

電子郵件：T005629@ms.skh.org.tw

腎絲球過濾率檢查測滿針、空針時， 其射源與偵檢器距離對檢查結果的影響

呂麗如

恩主公醫院 核醫科

摘要

SPECT 的偵檢器都有發生 pilt up effect (疊加效應) 的情形發生。任何偵檢器中，為了準確區分兩個不同事件，需要一個 (最短) 時間來區分兩個不同事件。

這個最短時間稱為 deadtime，當一個或多個事件發生在前一個事件的 deadtime 時，偵檢器的準確性取決於偵檢器的物理程序修正，也可能發生計數讀取延遲。在這些狀況下通常會考慮兩種現象：堆積 (pilt up) 和計數損失 (count loss)

堆積 (pilt-up) 通常是指在一個極短時間內 (短於 deadtime) 一個事件與另一個事件相互作用。

有兩個可能性可能發生：

1. 兩個脈衝被計為一個 (造成低估計數)
2. 檢測到的最終脈衝高度被認為高於任何一個脈衝的高度 (即光子能量的誤差)。

在本篇研究中，距離 detector 3 公分測滿針、空針的結果分析後得 Total GFR 值為 40.5 (ml/min)。而在距離 detector 30 公分測滿針、空針的結果分析後得 Total GFR 值為 33 (ml/min)。因在短距離偵測滿、空針時，發生 pilt-up effect 造成低估計數，而導致最終的 GFR 確實被高估。

關鍵詞：pilt-up effect

核醫技學誌 2023;20:15-20

接受日期：2023 年 11 月 23 日

通訊作者：呂麗如

聯絡地址：新北市三峽區復興路 399 號 (復興醫療大樓 B4 核醫科)

電話：0935031829

電子郵件：liruwant@yahoo.com.tw

前言

臨床上最常見的腎功能指標有二，分別為肌酸酐 (creatinine) 及腎絲球過濾率 (glomerular filtration rate, 簡寫成 GFR)。

肌酸酐之所以會被定義為腎臟功能指標主要因為它是經由腎臟代謝，隨著尿液排出；當腎功能異常時，肌酸酐的排出量會減少，血中數值就會增加，因此長期以來就被當作是腎功能的指標。但血中肌酸酐的值會受到許多因素影響，如性別、年齡、肌肉量、飲食、營養狀況等，當腎臟損傷初期，腎臟過濾出肌酸酐的能力雖然受損，但是腎臟中的腎小管還有主動分泌排出肌酸酐的能力，所以腎病變初期血中肌酸酐不會立即升高，當肌酸酐值超過正常範圍時，腎功能已經下降一定程度了，所以單用肌酸酐並不能完全反應腎功能早期的變化。而真正能夠即時反應腎功能的是腎絲球過濾率 (GFR)。

進行 GFR 檢查時，必須先偵測滿針及空針計數，我們發現偵測滿針時，影像上有許多黑洞，而其計數也被低估，最終造成高估 GFR 值。這個結果對於臨床診斷慢性腎臟疾病有很大的影響。

材料與方法

一位 21 歲男性病患，體重從 92 公斤掉至 89 公斤，伴隨有血尿發生，超音波發現右側輸尿管狹窄及右腎水泡。2023/03/01 進行腎絲球過濾率檢查。

檢查步驟

檢查前 30 分鐘請受檢者喝 500-800ml 水，使腎臟為充滿水的狀態下進行檢查，使用的放射性製劑為 Tc-99m DTPA，活度為 10 mCi。檢查前先測量放射性示蹤劑滿針，測量時間一分鐘。經由靜脈注射於受檢者體內，藥物進入主動脈後開始進行掃描，掃描範圍需包含兩側腎

臟(膀胱盡量包含在掃描範圍內)。掃描時間共 23 分鐘，於第 11 分鐘時給予利尿劑。接著測量注射處藥物處殘留劑量，測量時間一分鐘。最後測放射性示蹤劑空針，測量時間一分鐘。

造影條件

使用西門子 Symbia Evo SPECT。斷層造影使用與平面造影，探頭角度為 180 度(平行)。斷層造影參數分兩部分，第一部分為靜態影像，分別為測量放射性示蹤劑滿針(Presyringe)、空針(Postsyringe)及注射藥物處。第二部分為動態影像，第一分鐘每三秒收一張影像，共 20 張影像。第二分鐘開始每 10 秒收一張影像，共 132 張。矩陣大小為 28*128、放大倍率為 1、能窗為 15%、能峰為 140keV。

影像處理

將第 1-21 張影像疊加成一張，圈選主動脈 ROI。第 1-32 張影像疊加成一張，分別圈選兩側腎臟及兩側背景值 ROI。將以上 ROI、放射性示蹤劑滿針、空針及注射處藥物處殘留劑量資訊配合設定資料計算出 split function (%)、uptake (%)、GFR (ml/min)、Time of Max (min)、Time of 1/2Max (min) 等數值。設定資料包含病人身高、體重、body surface 為 1.73m²、split function 為 2-3 分鐘。

結果分析

分別圈選出主動脈、兩側腎臟及背景之 ROI。背景 ROI 放置在兩邊腎臟外側，避免圈選到藥物高攝取區域(圖 1)。

Presyringe Counts-Postsyringe Counts

= Net Injection Counts Uptake (%)

計算公式為

Total Uptake (%)

= Kidney Counts / Net Injection Counts*100

Left Uptake (%)

= Left Kidney Counts/ Net Injection Counts*100

Right Uptake (%)

= Right Kidney Counts/ Net Injection Counts*100

GFR 計算公式為

Total GFR (ml/min)

= 9.8127*Total Kidney Uptake-6.82519

Left GFR

= Total GFR* (Left Kidney Counts / Total Kidney Counts)

Right GFR

= Total GFR* (Right Kidney Counts / Total Kidney Counts)

由以上公式可知 Presyringe Counts 及 Postsyringe Counts 將影響最終的 GFR 數值。

在此篇研究中，我們將滿針及空針距離 detector 分成 3 公分及 30 公分兩組做比較(表 1)。

表 1 間格距離與偵測數量比較

	Presyringe Counts (kcpm)	Postsyringe Counts (kcpm)
距離 detector 3 公分	2411	249
距離 detector 30 公分	2521	189

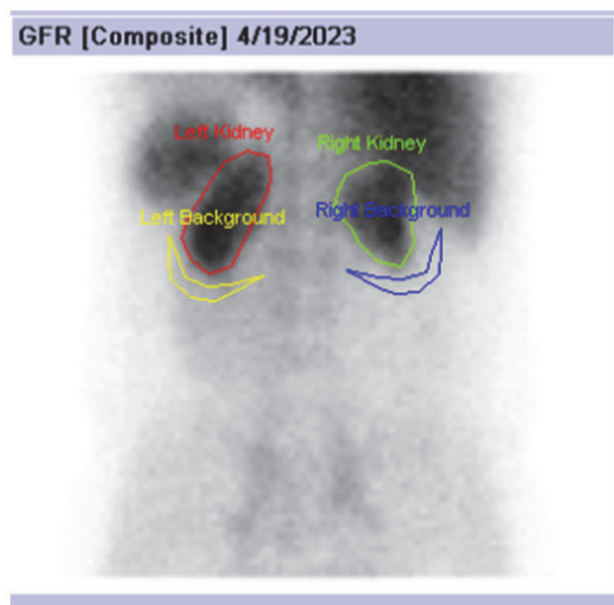


圖 1. 雙側腎臟及背景值 ROI 畫法

討 論

在我們的研究當中距離 detector 3 公分的 Presyringe counts (圖 2) 比距離 detector 30 (圖 3) 公分時低。在相同活度狀態下，依輻射與距離平方反比理論下距離 detector 3 公分的 Presyringe counts 應會為距離 30 公分的 100 倍，但實際測量卻低於 30 公分的 Presyringe counts 值，且可清楚看見距離 detector 3 公分滿針影像中有空洞的情形發生。此結果被認為是 pilt up effect 兩個脈衝被計為一個(計

數丟失) 影響，造成低估實際 count 數。

雖然在 Postsyringe counts 中 3 公分 (圖 4) 的 counts 數比 30 公分 (圖 5) counts 數高，但依舊沒有達 100 倍的差距。會造成以上狀況，極大可能原因為 pilt up effect，將兩個脈衝被計為一個而造成低估 counts 數的狀況。

公式 $\text{Presyringe Counts} - \text{Postsyringe Counts} = \text{Net Injection Counts}$ 。當低估 Presyringe Counts 時會造成 Net Injection Counts 變低。依公式 $\text{Total Uptake (\%)} = \text{Kidney Counts} / \text{Net}$



圖 2. 距離偵檢器 3 公分的滿針影像中，有空洞的發生，造成數值被低估



圖 3. 距離偵檢器 30 公分的滿針影像



圖 4. 距離偵檢器 3 公分的空針影像

Injection Counts*100，低估 Net Injection Counts 時會造成高估 Total Uptake (%)。依公式成 Total GFR (ml/min) = 9.8127* Total Kidney Uptake-6.82519 當高估 Total Uptake (%) 時會造成高估 Total GFR (ml/min)。

在本篇研究中，距離 Detector 3 公分測滿針、空針的結果分析後得 Total GFR 值為 40.5 (ml/min) (圖 6)。而在距離 Detector 30 公分測滿針、空針的結果分析後得 Total GFR 值為 33 (ml/min) (圖 7)。也證實 GFR 確實被高估的情形。

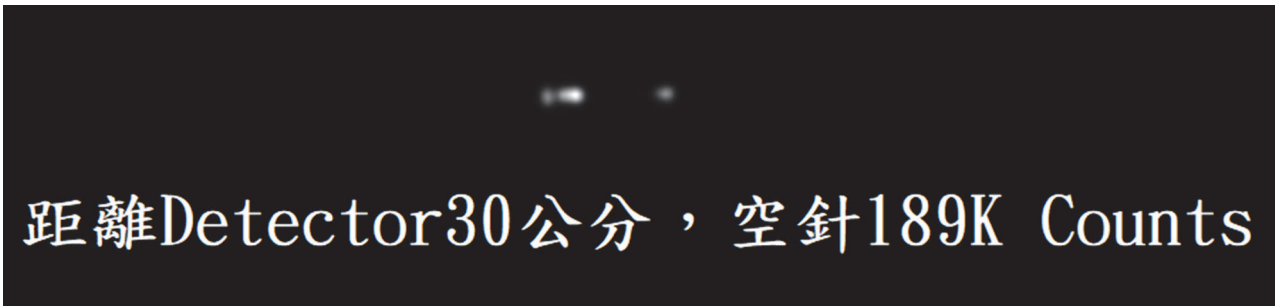


圖 5. 距離偵檢器 30 公分的空針影像

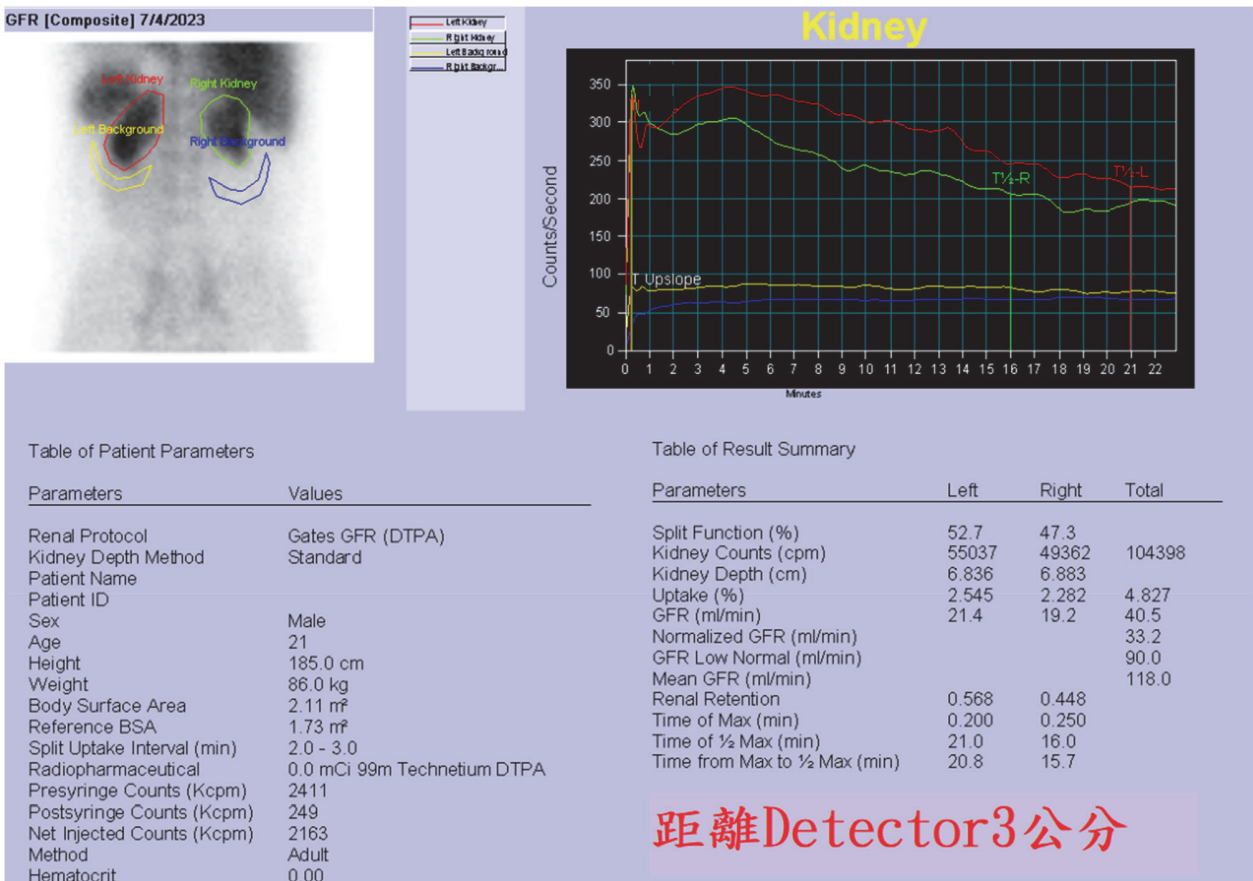


圖 6. 距離偵檢器 3 公分的 GFR 為 40.5 ml/min

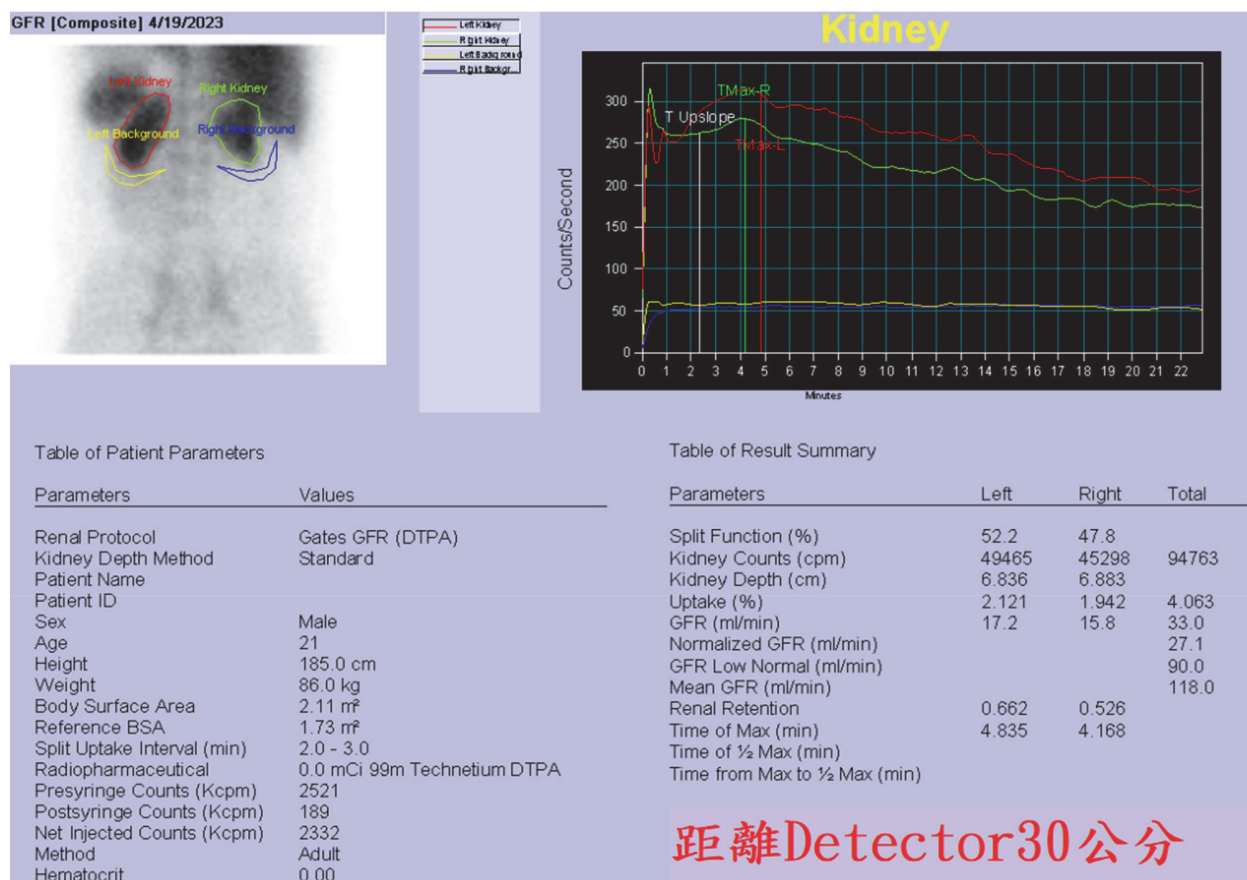


圖 7. 距離偵檢器 30 公分的 GFR 為 33 ml/min

結 論

研究中顯示，若將放射性示蹤劑滿針高估時，會造成高估病人的 GFR 而影響醫生對病人慢性疾病分期的勿判。因此為避免此狀況應防止 pilt up effect 發生。提供改善方式為增加放射性示蹤劑與偵檢器的距離。此做法不僅可以維持影像品質亦可以兼顧 GFR 數值的準確性。

參考文獻

1. glossary: pile-up_effect [Time-Resolved Fluorescence Wiki] (tcspc.com)

2. 堆積效應 - 光譜、光子計數計算機斷層掃描：技術與應用 (ebrary.net)
3. 臺大醫院新竹分院腎臟科衛教資訊
https://www.hch.gov.tw/?aid=626&pid=8&page_name=detail&iid=87
4. Study of Pile-Up Effects in Decay Energy Spectroscopy, 2022 209. p. 1070-1078
5. An analytical model of the effects of pulse pileup on the energy spectrum recorded by energy resolved photon counting x-ray detectors, 2010 Aug; 37(8): 3957-3969.

Different distance between the radiotracer and detector that influence patient's glomerular filtration rate

Li-Ru Liu

Nuclear Medicine Division, En Chu Kong Hospital

Abstract

Pill up effect may occur. In order to accurately distinguish between two different events, a (minimum) time is required to distinguish between two different events. This minimum time is called deadtime. Two situations occur when it is shorter than deadtime

1. Two pulses are counted as one (count lost)
2. The final detected pulse height of any one pulse

we divide the full and empty needle distance detectors into two groups of 3 cm and 30 cm for comparison. It also confirms that GFR is indeed overestimated. An improvement method can be to place the radiopharmaceutical and the detector 30 cm apart to avoid the pillar up effect.

Key word: pilt-up effect

J Nucl Med Tech 2023;20:15-20

Received 2023/11/23
Corresponding author: Li-Ru Liu
Nuclear Medicine Division, En Chu Kong Hospital
Address: No. 399, Fuxing Rd., Sanxia Dist., New Taipei City, 237, Taiwan
Tel: 0935031829; E-mail: liruwant@yahoo.com.tw

試劑停產實驗室應對策略

方雅潔¹ 韓璞¹ 陳芄嘉¹ 王家萱¹ 林慶齡^{1,2}

¹ 國泰綜合醫院 放射免疫實驗室

² 國泰綜合醫院 內分泌新陳代謝科

摘要

背景：實驗室面對多品項試劑停產，因此啟動應變策略。

方法：進行市場調查並尋找可更換之試劑品牌，進而選擇測試劑。並且擬定異動時程表，申請 Taiwan Accreditation Foundation (TAF) 異動。

結果：選定試劑、完成評估報告並申請 TAF 異動。依照 TAF 異動通過項目，公告更換試劑完整資訊提供使用者參考，並依公告日期進行換試劑。

討論：應付各種試劑臨時缺貨、斷貨或停產的最佳方法，即為建立實驗室更換試劑之標準流程。

關鍵詞：體外診斷醫療器材法規，試劑，TAF

核醫技學誌 2023;20:21-24

前言

110 年 11 月接獲試劑代理商通知，因 2017 年 5 月 5 日歐盟公布最新體外診斷醫療器材法規 (In Vitro Diagnostic Medical Device Regulation (IVDR))，將取代歐盟體外診斷醫療器材的現行指令 (In-Vitro Diagnostic Device Directive (IVDD))。在五年轉換期內，製造商需取得新版法規 IVDR 下的 Communate Europeene (CE) 驗證。試劑原廠，經評估驗證發現花費極高，因此公司決議停止試劑部門。試劑部門公布最後生產日為 111 年 6 月

30 日。實驗室目前使用此廠牌的品項共 19 項，其中認證項目共 15 項，包括 AFP、CEA、CA-125、CA-199、CA153、PSA、Free PSA、CORTISOL、ACTH、i-PTH、IGF-1、TSH、FT4、T3、T4；非認證項目共 4 項，包含 Chromogranin A (CGA)、Thyroglobulin、Testosterone、Osteocalcin。發生此狀況雖然讓人錯愕，但如何不影響實驗室運作才為當務要事，因此實驗室隨即啟動應變策略。

材料與方法

一、進行市場調查並尋找可更換之試劑品牌，進而選擇測試劑。其評估要項如下：

- (一) 現有設備是否可使用，是否需增購儀器。
- (二) 供應商是否為合格供應商名單內。
- (三) 試劑成本。
- (四) 訂貨及交貨期限。
- (五) 檢驗方法。
- (六) 操作步驟。
- (七) 檢體種類和檢體需求量是否變更。
- (八) 檢體採集容器和運送溫度是否變更。
- (九) 檢驗性能。
- (十) 其他醫院使用狀況。

二、擬定異動時程表

時程表共分為三階段。第一階段 110 年 12 月至 111 年 2 月，品項為 AFP、CEA、CA-125、CA-199、CA153、PSA、Free PSA、Thyroglobulin。第二階段 111 年 1 月至 111 年 3 月，品項為 CORTISOL、ACTH、i-PTH、IGF-1、Testosterone、Osteocalcin、CGA。第三階段 111 年 2 月至 111 年 4 月，TSH、FT4、T3、T4，預計 111 年 4 月 30 日前全部轉換完成。

接受日期：2023 年 12 月 9 日

通訊作者：林慶齡

聯絡地址：臺北市仁愛路四段 280 號國泰醫院放射免疫實驗室

電話：(02) 2708-2121 ext.3161

電子郵件：work5halfday@cgh.org.tw

三、進行評估，確認更換試劑

評估步驟：

評估精密度 (Precision)、相關性 (Correlation)、準確度 (Accuracy) 及生物參考區間 (Reference Interval)。

(一) 精密度 (Precision) 測試：

1. Within-run：同一品管液一次連續測試 10 次 (至少 2 個濃度)，計算 SD、CV%
2. Between-day：同一品管液每天測定 2 次 (至少 2 個濃度)，測試 5 天，共收集 10 點數據計算出 SD、CV%。
3. 允收標準：計算 within-run 及 between-day 之 mean、SD、CV%，需落於試劑說明書或原廠文件中 Precision 評估允收範圍。

(二) 相關性 (Correlation) 測試：

1. 檢體來源：院內收集之病人檢體 20 支，其中應包含參考值範圍內及超出參考值範圍檢體。不易收集及穩定性不佳之檢體可只測試 10 支。
2. 測試方法：檢驗項目品管合格才檢測病人檢體；放射免疫分析項目與品管同時檢測。
3. 允收標準：
 - (1) 定量項目：相關係數 $R2 \geq 0.95$ ，Bias% \leq 設定的 TEa%。
 - (2) 半定性項目：報告一致性 95% 以上。

(三) 準確度 (Accuracy)

1. 檢體來源：使用至少兩種不同濃度 (低值、高值) 之品管液。
2. 測試方法：將不同濃度之品管液，每天操作 2 次，測試 5 天，共 10 點，計算結果之 Target。
3. 允收標準：各濃度品管值須落入品管說明書範圍內。

(四) 生物參考區間 (Reference Interval)：一般情況須執行生物參考區間驗證，若遇到特殊狀況 (例如：賀爾蒙相關、維生素之項目，因不易知道病人的狀態，檢體難以收集者...等)，可直接採用試劑廠商所提供或參考文獻。若更換同機型且同方法學的項目則可沿用原生物參考區間。

1. 從健康的正常人中，挑選男生 10 名，女生 10 名，並依檢體採集規定採取所需的檢體。
2. 針對欲驗證之項目進行檢測。
3. 其檢驗結果應至少 18 人的結果落在原生物參考

區間的範圍內，即可確認該生物參考區間為可接受之生物參考區間。

四、申請 Taiwan Accreditation Foundation (TAF) 異動申請異動所需文件

- (一) 評估計劃書
- (二) 標準操作程序 (SOP)
- (三) 新試劑效能 (Precision、Accuracy、生物參考區間)
- (四) 新舊藥相關性 (申請的檢體別有 serum、plasma，兩種檢體都需作比對)
- (五) 新試劑若操作時，與說明書有所不同需進行相關性比對
- (六) 試劑許可證
- (七) 更換試劑公告
- (八) 人員教育訓練紀錄、人員能力考核紀錄
- (九) 新舊藥相關性不合格，需說明原因或提供證明 (論文或醫師提供與臨床診斷符合)

結 果

測試過程中出現了一些問題：PTH 孵育時間需 3 小時，如果有快速法可於 1 小時內發報告，將助於開刀病患的診斷。然而原廠回覆因為 PTH 本身就是個比較不穩定的項目，現行的作業時間已經是他們所測試出最短的時間。AFP 目前最高校正品濃度約為 482.0 ng/mL，舊試劑可到 850.0 ng/mL，更換試劑後需稀釋之檢體增加，稀釋過後結果精確度較為下降，因此同時造成實驗室人力、耗材之成本增加。經由實驗室與原廠進行溝通後，原廠已額外生產並免費提供較高濃度的校正液。多項品項試劑需自行泡製洗滌液 (50 ml 清洗液加入 950 mL 蒸餾水中並混合均勻)，實驗室具有的純水系統 (活性碳過濾器、樹脂濾芯和 RO 膜的組合，水電阻率 $> 10 \text{ M}\Omega$)，是否可取代蒸餾水，原廠正式發函告知可使用實驗室之純水系統的水泡製。

選定試劑，完成評估報告，申請 TAF 異動，TAF 異動通過項目，公告更換試劑完整資訊提供使用者參考，依公告日期進行換試劑。

更換試劑後，接獲胸腔外科醫師抱怨：「更換 CEA 試劑後，生物參考區間從小於 5.0 ng/mL 調降至小於 2.5 ng/mL。追蹤的病患 3.0 ng/mL 於先前告知正常，現在 2.8 ng/mL 需告知為不正常，與病人解釋有所困難，並需安排多項檢查。這樣的調整是否恰當？」。經主動諮詢

家庭醫學科醫師，醫師建議延續先前使用之試劑，提供抽菸族群、不抽菸族群及涵蓋兩者的生物參考區間，因原廠並無建立抽菸族群數據。原廠提供相關參考文獻，建議設定為小於 5.0 ng/mL。血液腫瘤科醫師回應，因新舊試劑做出的數值相似，但生物參考區間設定之差異會引起臨床判讀的困難，建議詢問其他醫院因應對策。新舊試劑比對相同檢體，相關係數 $R^2 = 0.998$ ，數值 Bias% 皆小於實驗室設定之 Total allowable error (TEa)，95% 比對數值差距，皆落於所有差距的正負 2 個標準差之內，證明兩家品牌檢測出的數值相近。詢問其他使用醫院超過 2 分之 1 的家數，沿用舊廠牌設定涵蓋抽菸與不抽菸之健康族群的參考值小於 5.0ng/mL，且符合目前 CLIA 88 建議 CEA 之臨床決策值為 5.0 ng/mL。綜合上述原因，實驗室決議延用之前設定涵蓋抽菸人口的生物參考區間：小於 5.0 ng/mL。

討 論

更換試劑是每位醫檢師都害怕的事，除更換前的準備相當繁瑣複雜，更令人擔憂的是更換後醫師的反應，這次試劑原廠決議停止試劑部門，對 RIA 實驗室實為重大事故。雖然可選擇的 RIA 試劑廠牌不多，我們終究更換了 15 項 RIA 試劑，其中 2 項轉換為化學冷光法試劑，2 項委外代檢，實驗室整體營運成本未增加且轉換順利。這樣事件若能提早預知提早規劃著實美好，但能建立實驗室更換試劑之標準流程，即應付各種試劑臨時缺貨、斷貨、停產的最佳方法。

參考文獻

1. BiochemiaMedica 2015; 25(2):141-51。
2. ISO 15189 醫學實驗室品質與能力要求 (TAF-CNLA-R02(4))。

Laboratory contingency strategy for reagent discontinued

Ya-Chieh Fang¹, Pu Han¹, Peng-Chia Chen¹, Chia-Hsuan Wang¹, Ching-Ling Lin^{1,2}

¹*Department of Laboratory Radioimmunoassay, Cathay General Hospital, Taipei, Taiwan*

²*Department of Endocrinology and Metabolism, Cathay General Hospital, Taipei, Taiwan*

Summary

Background: The contingency strategy for the laboratory when facing the supplier discontinues the reagents supply.

Method: (i) Marketing survey processing, searching for alternative reagent supplier.

(ii) Choosing and Testing, finalize the appropriate one. Scheduling the changes.

(iii) Notify Taiwan Accreditation Foundation (TAF) apply for the changes.

Result: (i) Reagent select, complete the evaluation report and apply for the changes.

(ii) Following TAF's approval of changes, announce the changes, providing complete information for reference.

(iii) According the announced schedule processing the reagent change.

Discussion: Build up SOP for various situations: Reagent out of stock for short period, reagent discontinued.

Key word: In Vitro Diagnostic Medical Device Regulation, Reagent, TAF

J Nucl Med Tech 2023;20:21-24

Received 2023/12/9

Corresponding author: Ching-Ling Lin

Department of Endocrinology and Metabolism, Cathay General Hospital

Address: No. 280, Sec. 4, Ren-ai Rd., Taipei City 106, Taiwan (R.O.C).

Tel: (02) 2708-2121 ext.3161; E-mail: work5halfday@cgh.org.tw

建置核子醫學科放射性汙染處置之客觀結構式臨床測驗教案

龔瑞英^{1,2} 陳耀文¹ 陳玉雪³ 陳君豪³ 謝祖怡^{3,4} 張振榮² 蔡世傳^{1,2*}

¹ 臺中榮民總醫院核子醫學科

² 中臺科技大學醫學影像暨放射科學系

³ 臺中榮民總醫院教學部

⁴ 臺中榮民總醫院過敏免疫風濕科

摘要

經常使用非密封放射性物質的核子醫學科發生放射性汙染時，需要人員正確且迅速進行處置，處置過程包括輻射偵測、控制汙染擴散除汙處置、人員偵測…等，單位應將處理程序制定為標準操作程序並定期演練。為了能客觀且一致的評估人員對於放射性汙染處置的熟練程度，本研究建置臺灣首例核醫科放射性汙染處置之客觀結構式臨床測驗教案，教案包括完整的情境模擬、標準病人和標準醫事人員的指導說明、考生及考官指引，以及測驗相關評核表，測驗評核表經過內外部專家的評估，並透過德菲法進行測驗項目重要性及可測驗性分析。

關鍵詞：客觀結構式臨床測驗，教案設計，放射性汙染處置

核醫技學誌 2023;20:25-36

前言

核子醫學科經常使用非密封放射性物質，執行檢查及治療過程中，包括藥物注射時的洩漏、口服藥物後不適吐出、病人體液或尿液的滲漏…等等，都有可能導致放射性汙染 [1]。外洩的放射性物質不僅對環境造成潛在的汙染風險，還有可能會被輻射工作人員攝入體內，對人員健康造成威脅。而且當事件發生時，任何對於非密封放射性物質的處理也都可能伴隨著汙染傳播，導致放射性物質被周遭人員攝入體內，造成輻射汙染擴散的風險。因此如何正確且迅速地進行放射性汙染處置是相當重要的。

當非密封放射性物質工作場域發生輻射汙染事件時，人員如何安全的進行處置為首要之務，放射性汙染處置的對應通常需要經過深思熟慮的規劃，Mountford P.J. 早於 1991 年便提出完整的輻射汙染處置作法 [2]，包括評估輻射危害的程度、除汙處置、控制汙染擴散…等，處理程序被制定為標準操作程序 (Standard Operation Procedure; SOP)，而與處理事故同樣重要的是制定各種不同情境的緊急應變計畫、對工作人員進行訓練以便於事故發生時能適當的處理，該程序以不同形式 (如課堂授課、模擬情境、擬真教學) 方式教授給所有參與相關領域工作的人員，但傳統學習方式對於人員表現無法進行評估，輻射汙染除汙也不適合使用臨床技能的觀察性評估，結合情境模擬與實際操作為基礎的客觀結構式臨床測驗 (Objective Structured Clinical Examination; OSCE) 不失為一種適當的選擇。

客觀結構式臨床測驗最早是由英國 Harden 博士等人在 1975 年首度提出 [3]，是一種以客觀的方式評核考生是否具備基本評核能力的評量工具 [4]。2015 年 Hussain R. 完成核醫執行放射性汙染之客觀結構化技術技能評估 (Objectively Structured Assessment of Technical Skills; OSATS)。OSATS 是一種 OSCE 的變體測驗，該測驗被作者認為是最貼近真實情境，最理想的評估工具 [5]。雖然 Hussain R. 團隊建立出放射性汙染處置評估表，但並未於文獻中提出完整教案及指導說明的建置，亦未進行後續實作評估。而在實際執行測驗時，仍應搭配有完整教案及指導說明的建置，才能讓整個測驗更為完整。

本研究為臺灣首度將放射性汙染處置流程製作成 OSCE 標準教案，教案內容包含完整情境模擬、標準病人 (Standard Patient; SP) 及標準醫事人員指導說明、評核表，並分享教案執行情境，希望該 OSCE 教案能發展成為放射技能教學和評估的里程碑。

接受日期：2023 年 12 月 13 日

通訊作者：蔡世傳

聯絡地址：臺中市西屯區臺灣大道 4 段 1650 號

電話：(04) 2359-2525 ext.4800

電子郵件：sctsai@vghc.gov.tw

OSCE 教案設計與實施步驟

一、OSCE 教案評分表

根據本院輻射緊急意外事件處置流程標準作業流程及 Mountford P.J. 提出的輻射污染處置作法 [2] 逐一拆解放射性污染處置步驟，再根據臺灣醫學教育學會版本設計放射性污染處置教案評分表 (表一)。本教案設計為一般教學型 (Formative) OSCE 教案，測驗後進行學員回饋。

二、OSCE 評分表信度及專家效度分析

邀請內部專家與外部專家，針對「表一」的 OSCE 評分表給予建議。並以德菲 (Delphi) 法確立 OSCE 評分表信度及專家效度評分，將評估表中測驗項目分成重要性及可測驗性，以五等尺標 (Five-point scale) 評分，5 分為最重要 (最可評量)，4 分為重要 (可評量)，3 分為尚可，2 分為不重要 (無法評量)，1 分則為最不重要 (最無法評量)。並依專家建議，將分數低於 4 分以下之評分項目進行適當修正。

三、考生指引及前導說明

依據臺灣醫學教育學會版本要求，考生指引包含告示牌 (包含場景與病情描述)、測驗主題之臨床情境與測驗時間。考量放射職類考生對於 OSCE 測驗並不熟悉，執行測驗前進行考生前導說明，前導說明中僅就 OSCE 測驗流程進行說明，不涉及測驗題目提示，測驗當天考生才知道測驗內容。本教案設計採原位模擬 (In Situ simulation; ISS) 方式進行，無須針對空間進行環境介紹。

四、考官指引

考官指引內容包含測驗主題、考官任務提示、模擬情境說明、評分說明，評分說明中明確指示個別項目執行程度，並依執行程度進行分數給予。考官必須於測驗前詳細閱讀指引，藉由指引瞭解教案測驗全貌，以利測驗順利進行。

五、標準化病人及標準化醫事人員指引

本教案主題需標準化病人及標準化醫事人員協助進行評測，標準化病人及標準化醫事人員為已完成訓練之合格人員，為了使其演出能更生動傳神，指引中包括劇本簡介、情境說明、任務須知、講稿台詞等配合事項，測驗前提供劇本並進行演練。

六、OSCE 空間配置

為了使測驗學員真實進行放射性污染偵測及除汙的安全操作，本教案採用原位模擬 (In Situ simulation) 方式，將教案設計模擬至臨床情境中，可在實際工作日與受測人員一同進行，教案使用的輻射源以片狀密封容器包覆，測驗時所有可能使用的必要裝備如鞋套、隔離衣、手套、抗汙紙...等造冊列表，整併收納至除汙箱，現場另備有鉛衣、偵檢器等相關防護或偵測裝備。

結 果

一、OSCE 評分表重要性及可測驗性分析

內部專家針對 OSCE 評分表提出建議包括：(1) 此技能攸關身體健康及環境安全，除汙過程之評核項目可設“及格關鍵”強調其重要及必要性。(2) 評分項目較多，建議可明確說明評分項目，或者刪減或整併低於可測驗性 3 分的項目。

外部醫師專家針對 OSCE 評分表建議包括：(1) 評核項目『進入處置現場前穿隔離衣，配戴手套及腳套』、『攜帶輻射偵檢儀器，儀器表面確實包覆塑膠袋』、『以封鎖線封閉輻射污染空間並矗立告示牌』，建議調整為 OSCE 語法『完整穿著隔離裝備後進入處置現場』、『正確攜帶經完整防護之輻射偵檢儀器』、『以封鎖線完整封閉潛在輻射污染空間並矗立告示牌』。(2) 可於教案中增加同理心溝通技巧的評核項目，可提升放射師對可能受汙染人員之同理情緒及事後追蹤。(3) 表單紀錄建議以線上取代紙本填表，更能有效追蹤及統計。(4) 此技能屬可增加團隊合作，可同時培養學員領導團隊的能力表現，可以加分或減分方式呈現於總成績上；例如溝通技巧、領導技巧等之相關表現。

二、OSCE 評分表重要性及可測驗性分析

經過專家效度分析，依專家建議將得分 4 分以下項目進行修正，完成輻射緊急意外事件處置流程標準作業評分表如附件一，以德菲法評核測驗項目之重要性及可測驗性。測驗重要性中，「指示受汙人員正確脫除受汙衣物」及「指示受汙染人員進行除汙作業」為 4.8 分，「完整穿著隔離裝備後進入處置現場」、「依汙染核種及程度決定除汙流程」及「正確執行空間除汙流程」為 4.6 分，列為本測驗中及格關鍵。而在可測驗性中，「判斷汙染核種，正確使用輻射偵檢器」獲得最低的 2.8 分。

討 論

1990 年 Miller 提出的學習金字塔理論中提出，學習架構是由「具備知識」(knows)、「知道如何應用知識」(knows how) 逐步提升為「能正確表現」(shows how) 及「能執行」(does) 組成 [6]。我們可以透過一般筆試或口試評估核醫科從業人員是否具備放射性汙染處置相關知識，但卻無法判斷人員執行能力。雖然單位持續推行輻射演練，但我們仍無從得知同仁面對真實情境時的處置能力，以標準化病人為設計、模擬真實情境的 OSCE 教案，是最適合評估「能正確表現」及「能執行」的教學工具。

OSCE 目前已大量運用於醫療領域教學，包括護理、藥學、中西醫師學生，尤其在臺灣，醫學生實習期間及實習結束時皆需進行模擬 OSCE 測驗。使用 OSCE 的優勢在於，學生可以在一個安全的模擬情境下進行必要的操作練習，但是在放射職類中，OSCE 多見於放射診斷領域，例如乳房攝影檢查、超音波檢查 [7, 8]，在核醫領域則未見著墨。

核子醫學科經常使用非密封放射性物質，有可能發生放射性汙染 [1]。當事件發生時，放射性汙染的處置是相當重要的。因此核子醫學科通常會進行放射性汙染的處置的演練。然而，相較於演練，OSCE 教案上有以下優勢，包括：一、OSCE 更注重技術性、管理性、和溝通性的能力評估，可進行較全面的評估。二、OSCE 可以提供一個仿真環境，讓考生在相對安全的條件下面對輻射汙染除汙事件，有助於熟悉應對危險情況的程序和步驟。三、本教案為教學型教案，提供即時回饋機制，即便整體測驗需要耗費更長的時間，但我們認為參與者能即時獲得建議和改進意見非常重要，有助於促進反思、提高學習效率。四、OSCE 的評估標準是事先經過共識法確定的，有助於確保評估的公正和一致性。五、溝通技能的評估：OSCE 不僅關注人員處置能力，教案中加入標準病人及標準醫事人員元素，可觀察人員對於協調救援行動和維護公眾安全的溝通技能。因此我們嘗試放射性汙染處置 OSCE 完整教案及指導說明的建置。

本教案設計採原位模擬方式進行，將測驗活動場域安排到臨床情境及環境中，而不是在模擬情境或其他環境中，使測驗在實際工作日中與臨床一同進行，此種模擬方式提供了一種在高風險區域更可靠和更安全性的測驗方法 [9]。使用原位模擬方式進行測驗，無須針對空間

進行環境介紹，我們認為在熟悉的場域中進行考試，有助於學員進行發揮。倘考場異地模擬至醫學臨床技能測驗考場，則建議在測驗前針對考場環境、物品配置進行前導說明，以免人員對於物品配置不熟悉影響處置能力。有文獻認為原位模擬能提高學習動機 [10]，但也有文獻指出原位模擬和異地模擬，對於考生知識、病人安全態度或壓力測試方面沒有發現顯著差異 [11]。另外，我們認為如何真實的模擬汙染情境卻又能不使人員受到汙染的模擬是 OSCE 教案一門重要課題，為了安全進行放射性汙染除汙測驗，我們使用片狀密封容器包覆的輻射源進行輻射偵測及輻射汙染除汙。也有相關文獻提出可以使用以紫外光能檢測到的螢光染料作為放射性示踪劑的替代品來進行除汙演練 [12]。然而，我們認為直接採用片狀密封容器包覆極微量的輻射源能讓學員更有真實感。

近年來醫學教育趨勢慢慢走向以勝任能力為導向的醫學教育 (Competency-Based Medical Education; CBME)，為了讓勝任能力架構能落實於日常醫療行為中，各職類逐步建置核心能力，並透過可信賴活動 (Entrustable Professional Activities ;EPAs) 或里程碑活動 (milestone) 評核職場能力，職場評估的優勢在於能在臨床情境中對於人員表現進行觀察和評估。對臨床程序能力以及實踐的其他方面 (如專業素養、決策等) 進行評判，並提供反饋以確保達到所需的標準，而這正是針對 Miller 金字塔上端的兩個層次，從「能正確表現」(shows how) 落實到「能執行」(does) 組成 [5]。本研究分享 OSCE 教案建置，希望該教案能作為評估人員能否落實執行放射性汙染處置之有效利器。

本研究最大限制在於尚未實際執行 OSCE 測驗，以下擬針對實測時可能會碰到的幾項問題加以討論，一、舉辦 OSCE 需要投入大量時間、人力和金錢資源，還需要有足夠的考試場地、標準化病人、考官和相關設施，對機構而言可能是一個負擔。二、設計教案時需要仔細考慮病人案例、處置程序和相關的臨床環境，以確保考生在模擬中面臨真實世界的情境。三、考生可能因為測驗壓力而感到焦慮，這種焦慮可能影響表現。本教案設計在測驗前提供考生適當的前導說明，以減輕焦慮感。四、當測驗人數過多，同時開立不同考場時，不同考官對於評分可能存在主觀差異，可能影響評估一致性。必須確保考官接受適當的培訓，並在執行測驗前提供明確的評分標準，可能的話進行考官一致性分析。五、技術

支援：外部專家建議在測驗時可以使用相對應的電子表單，相關的電子評分系統、模擬設備等都需要相應的技術支援，而確保這些技術的順利運作可能是測驗時的一大挑戰。六、本教案設計安排原位模擬方式考試，但在臨床環境中協調參與測驗的學員、標準化病人、考官和其他相關人員的時間可能是一個困難的任務。最後一點也是最重要的一點是教案評估準確性，需要透過實際執行測驗才能針對教案進行不斷的評估和改進。

結 論

本研究為臺灣首度將放射性汙染處置流程製作成 OSCE 標準教案，教案內容包含完整情境模擬、標準病人及標準醫事人員指導說明、評核表，並分享教案執行情境，希望該 OSCE 教案能發展成為放射技能教學和評估的里程碑。

表一 輻射緊急意外事件處置流程標準作業流程評分項目，以德菲法進行專家評核測驗項目之重要性及可測驗性

評分項目	重要性 (5：最可評量，1：最不可評量)						可測驗性 (5：最可評量，1：最不可評量)					
	最可評量	可評量	尚可	無法評量	最無法評量	得分	最可評量	可評量	尚可	無法評量	最無法評量	得分
1. 進入處置現場前穿隔離衣，配戴手套及腳套 關鍵項目	60%	40%	0%	0%	0%	4.6	80%	20%	0%	0%	0%	4.8
2. 攜帶輻射偵檢儀器，儀器表面確實包覆塑膠袋	40%	60%	0%	0%	0%	4.4	40%	60%	0%	0%	0%	4.4
3. 以封鎖線封閉輻射汙染空間並矗立告示牌	20%	80%	0%	0%	0%	4.2	0%	100%	0%	0%	0%	4
4. 禁止單位內其他人員靠近汙染位置	20%	80%	0%	0%	0%	4.2	40%	60%	0%	0%	0%	4.4
5. 判斷汙染核種，正確使用輻射偵檢器	20%	60%	20%	0%	0%	4	0%	20%	40%	40%	0%	2.8
6. 依上下、左右順序偵測病人及家屬，確認無汙染後撤離現場	20%	80%	0%	0%	0%	4.2	20%	60%	20%	0%	0%	4
7. 正確判斷受汙染人員有無傷口	20%	60%	20%	0%	0%	4	0%	100%	0%	0%	0%	4
8. 正確判斷並偵測受汙染人員輻射汙染狀況	40%	60%	0%	0%	0%	4.4	40%	60%	0%	0%	0%	4.4
9. 以封鎖線完整封閉潛在輻射汙染空間並樹立告示牌	40%	40%	20%	0%	0%	4.2	0%	100%	0%	0%	0%	4
10. 指示受汙染人員正確脫除受汙衣物 關鍵項目	80%	20%	0%	0%	0%	4.8	40%	60%	0%	0%	0%	4.4
11. 指示受汙染人員進行除汙作業 關鍵項目	80%	20%	0%	0%	0%	4.8	40%	60%	0%	0%	0%	4.4
12. 受汙染人員除汙作業後輻射汙染偵測	20%	60%	20%	0%	0%	4	20%	60%	20%	0%	0%	4
13. 進行空間環境偵測	20%	80%	0%	0%	0%	4.2	0%	100%	0%	0%	0%	4
14. 依汙染核種及程度決定除汙流程 關鍵項目	60%	40%	0%	0%	0%	4.6	80%	20%	0%	0%	0%	4.8
15. 正確執行空間除汙流程 關鍵項目	60%	40%	0%	0%	0%	4.6	40%	60%	0%	0%	0%	4.4
16. 除汙後空間環境偵測	20%	80%	0%	0%	0%	4.2	0%	100%	0%	0%	0%	4
17. 輻射廢棄物偵測及暫存	20%	80%	0%	0%	0%	4.2	40%	60%	0%	0%	0%	4.4
18. 以同理心安撫人員情緒壓力，並正確告知後續追蹤事項	40%	60%	0%	0%	0%	4.4	0%	80%	20%	0%	0%	3.8
19. 完整進行表單紀錄及通報	20%	60%	20%	0%	0%	4	0%	60%	40%	0%	0%	3.6

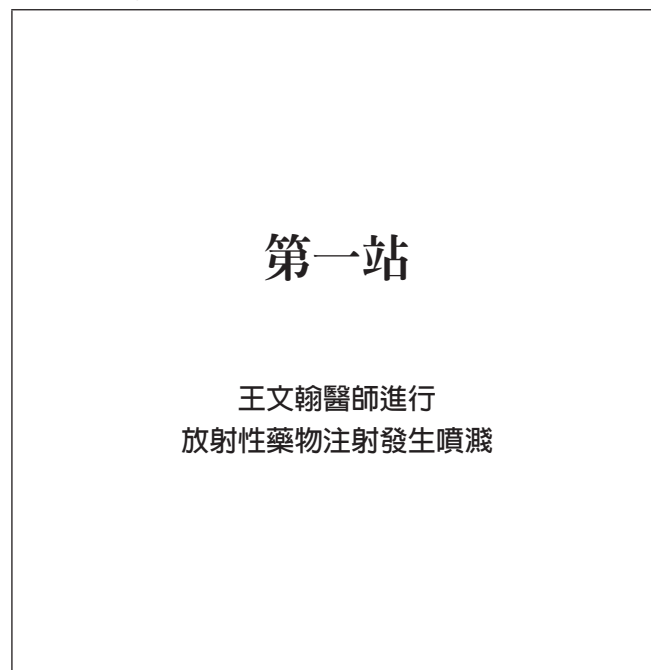
參考文獻

1. Marengo, M., et al. *Radiation safety and accidental radiation exposures in nuclear medicine. in Seminars in Nuclear Medicine.* 2022. Elsevier.
2. Mountford, P.J. *Techniques for radioactive decontamination in nuclear medicine. in Seminars in nuclear medicine.* 1991. Elsevier.
3. Harden, R.M., M. Stevenson, W.W. Downie, and G. Wilson, *Assessment of clinical competence using objective structured examination.* Br Med J, 1975. 1(5955): p. 447-451.
4. 魏郁真, et al., [論文摘要] 客觀結構式臨床測驗 (OSCE) 應用於物理治療實習學生教學及評核之成效。物理治療, 2018. 43(4): p. 311-312.
5. Hussain, R., *Management of radioactive spills in nuclear medicine; teaching and assessing with objectively structured assessment of technical skills.* World journal of nuclear medicine, 2015. 14(02): p. 89-94.
6. Miller, G.E., *The assessment of clinical skills/competence/performance.* Academic medicine, 1990. 65(9): p. S63-7.
7. 林佳儀, 運用客觀結構式臨床測驗於乳房攝影溝通技巧之成效探討。2022
8. 耿家鈺, et al., 客觀結構式教學測驗評量於放射技術學之應用：以臨床超音波技術教學訓練為例。中華放射線技術學雜誌, 2011. 35(2): p. 91-98.
9. Chetlen, A.L., et al., *Conventional medical education and the history of simulation in radiology.* Academic radiology, 2015. 22(10): p. 1252-1267.
10. Stocker, M., M. Burmester, and M. Allen, *Optimisation of simulated team training through the application of learning theories: a debate for a conceptual framework.* BMC medical education, 2014. 14(1): p. 1-9.
11. Sørensen, J.L., et al., *Simulation-based multiprofessional obstetric anaesthesia training conducted in situ versus off-site leads to similar individual and team outcomes: a randomised educational trial.* BMJ open, 2015. 5(10): p. e008344.
12. Mosman, E.A., L.J. Peterson, J.C. Hung, and R.J. Gibbons, *Practical methods for reducing radioactive*

contamination incidents in the nuclear cardiology laboratory. Journal of nuclear medicine technology, 1999. 27(4): p. 287-289.

附件

一、告示牌



二、考生指引

■ 測驗主題：80 歲住院病人陳達明先生接受核醫骨骼造影檢查，第一年住院醫師王文翰醫師由 IC Catheter 進行放射性藥物注射，因 Catheter 阻塞引起放射性藥物噴濺，住院醫師及注射檯面可能都受放射性藥物污染。

■ 測驗主題：
請擔任輻射防護人員的您
完整完成人員及環境相關之放射性污染後處理

■ 本站時間：15 分鐘
(測驗 12 分鐘，3 分鐘考官回饋)

注意：在場病人、醫事人員及醫師只根據您的指示執行，不會在無指示下進行活動，也不會主動提醒後續步驟。

三、評分表

■ 測驗項目：放射性藥品噴濺意外處理 ■ 測驗考生：

評分項目 考生表現	評量考生										
	沒有做到	部分做到	完全做到	註解							
1. 完整穿著隔離裝備後進入處置現場 及格關鍵 2. 正確攜帶經完整防護之輻射偵檢儀器 3. 正確詢問瞭解現場可能染汙情形及範圍後歸納說明 4. 以封鎖線完整封閉潛在輻射汙染空間並矗立告示牌 5. 明確通告單位內其他人員不可靠近汙染位置 6. 依染汙核種，正確使用輻射偵檢器 7. 以正確順序完整偵測，確認病人未受染汙後指示撤離 8. 完整確認受汙染人員無表皮傷口 9. 正確判斷並偵測受汙染人員輻射汙染狀況 10. 完整指示受汙染人員正確脫除受汙衣物 及格關鍵 11. 完整指示受汙染人員進行除汙作業 及格關鍵 12. 受汙染人員除汙作業完成後完整進行輻射汙染偵測 13. 完整進行環境除汙前之空間環境偵測 14. 依汙染核種及程度決定空間除汙流程 及格關鍵 15. 正確執行空間除汙流程 及格關鍵 16. 空間除汙後完整進行空間環境偵測 17. 正確進行輻射廢棄物偵測及暫存 18. 以同理心安撫人員情緒壓力，並正確告知後續追蹤事項 19. 完整進行表單紀錄及通報 20. 領導團隊能力表現											
1. 考生有下列表現時每項加總得分壹分 (請考官加總，記錄於後方格子內) 溝通技巧 <input type="checkbox"/> 適當指派成員任務 <input type="checkbox"/> 清楚下達醫囑 <input type="checkbox"/> 注意成員工作負荷，不會在前項指示未完成前要求過多其他工作 <input type="checkbox"/> 進行 check-back 掌握成員了解程度 領導技巧 <input type="checkbox"/> 適時協助成員 <input type="checkbox"/> 尊重團隊成員 <input type="checkbox"/> 適當處理團隊不同意見 <input type="checkbox"/> 緊急情況中維持冷靜且適當支持安撫成員											
2. 考生有下列表現時每項扣總得分壹分 (請考官加總，記錄於後方格子內) <input type="checkbox"/> 未明確分派成員任務及執行目標 <input type="checkbox"/> 連續過長篇提供訊息多指令 <input type="checkbox"/> 不確認醫囑是否完成施行 <input type="checkbox"/> 說明後不確認成員瞭解程度 <input type="checkbox"/> 隨意中斷成員的話語 <input type="checkbox"/> 處理過程慌亂失序											
整體而言，您對本位考生的評估為【請在 10 分量表尺規線上劃○給分】											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	考官簽名 _____										

四、考官指引

■ 測驗主題：

- 輻射防護偵測處理與除汙
- 單項技能操作
- 輻射防護解釋及醫病溝通

■ 考官任務提示

1. 本考試目的在於為輻射防護人員輻射意外事件處置能力之最低標準把關，不在於鑑別優劣。
2. 本題之關鍵評核項目 (Critical Decision Points) 為完整穿著隔離裝備、正確指示受汙人員正確脫除受汙衣物與正確進行人員及空間除汙流程，請特別留意協助把關。
3. 本題預期一般考生之平均表現為符合期待
4. 請詳讀 checklist 項目、評分說明。

■ 本站時間：15 分鐘

(* 可依測驗對象調整後之 checklist 項目增減)

■ 測驗場景：藥物注射室

(標準醫師、病人、標準醫事人員)

■ 標準化人設基本資料：

標準病人 80 歲陳達明先生、
標準住院醫師王文翰醫師

■ 標準化病人起始姿勢：坐姿，已發生噴濺事件

■ 標準醫師 / 標準醫事人員：站姿、明顯緊張

■ 個案情境說明：

王文翰醫師為 80 歲住院病人陳達明先生執行放射性藥物注射，王醫師自病人手上的 IC Catheter 進行 Tc-99m MDP 放射性藥物注射，未使用生理食鹽水先進行管路暢通確認，藥物注射時發現 Catheter 阻塞導致注射不順，強力推藥造成放射性藥物噴濺，請位處於相同注射室的醫事人員幫忙呼叫輻防人員。

■ 現場道具、器材及備物：

隔離衣、手套、鞋套、抗汙紙、包覆儀器用塑膠袋或保鮮膜、輻射汙染除汙箱、輻射偵檢器、輻射意外事件通報單。

■ 評分說明：

1. 完整穿著隔離裝備後進入處置現場。 **及格關鍵**
 - 完全做到：進入處置現場前確實穿好隔離衣，配戴手套及腳套。

- 部份做到：進入處置現場前，穿好部份隔離裝備。
 - 沒有做到：進入處置現場前沒有穿好隔離裝備。
2. 正確攜帶經完整防護之輻射偵檢儀器。
 - 完全做到：攜帶輻射偵檢儀器至現場，儀器表面確實以塑膠袋包覆。
 - 部份做到：偵檢儀器表面未確實以塑膠袋完整包覆。
 - 沒有做到：未攜帶輻射偵檢儀器至處置現場。
 3. 以瞭解現場可能染汙情形及範圍正確詢問相關人員，完成後歸納說明。
 - 完全做到：以確認核種、可能受影響的人員及染汙範圍為目的、正確詢問在場人員輻射汙染情形，完成後向所有人員進行適當歸納說明。
 - 部份做到：詢問結果不足以確認染汙情形及範圍、或向相關人員說明不合適。
 - 沒有做到：未對每一位相關人員進行詢問。
 4. 以封鎖線完整封閉潛在輻射汙染空間並矗立告示牌。
 - 完全做到：以封鎖線確實完整封閉潛在輻射汙染空間並矗立告示牌。
 - 部份做到：未完整封閉潛在輻射汙染空間或未矗立告示牌。
 - 沒有做到：未拉封鎖線、也未矗立告示牌。
 5. 明確通告單位內其他人員不可靠近汙染位置。
 - 完全做到：確實告知單位內其他人員勿靠近汙染位置。
 - 沒有做到：未告知單位內其他人員勿靠近汙染位置。
 6. 依染汙核種，正確使用輻射偵檢器。
 - 完全做到：明確說明染汙核種種類後正確使用輻射偵檢器進行偵測。
 - 沒有做到：未確認染汙核種、或使用輻射偵檢器對應核種種類錯誤。
 7. 以正確順序完整偵測，確認病人未受染汙後指示撤離。
 - 完全做到：依上下、左右順序完整偵測，確認病人未受汙染後請病人撤離至封鎖區外。
 - 部份做到：進行偵測病人但未完整偵測各方向。
 - 沒有做到：未完成偵測即依病人自覺未受噴濺而讓病人撤離現場。

8. 完整確認受污染人員無表皮傷口。
 - 完全做到：以口頭詢問及目視再確認正確判斷受污染人員無表皮傷口。
 - 部份做到：只以口頭詢問受污染人員有無傷口，未再以目視確認發現潛在傷口。
 - 沒有做到：未進行受污染人員表皮傷口之確認。
9. 正確判斷並偵測受污染人員輻射污染狀況。
 - 完全做到：正確判斷並偵測受污染人員輻射污染狀況。
 - 部份做到：試圖判斷並偵測受污染人員輻射污染狀況，但判斷錯誤。
 - 沒有做到：沒有判斷並偵測受污染人員輻射污染狀況。
10. 完整指示受污染人員正確脫除受汙衣物。**及格關鍵**
 - 完全做到：完整指示受污染人員、依正確步驟逐步脫除受汙衣物。
 - 部份做到：未依步驟或未正確指導脫除受汙衣物，或指示過於粗略。
 - 沒有做到：未指示受污染人員如何脫除受汙衣物。
11. 完整指示受污染人員進行除汙作業。**及格關鍵**
 - 完全做到：完整指示受污染人員、依正確步驟進行除汙作業。
 - 部份做到：未依步驟或未正確指導進行除汙作業，或指示過於粗略。
 - 沒有做到：未給明確指示而只要求受污染人員進行除汙作業。
12. 受污染人員除汙作業完成後完整進行輻射污染偵測。
 - 完全做到：依正確步驟為受污染人員進行除汙作業後輻射污染偵測。
 - 部份做到：未完整進行人員除汙作業後輻射污染偵測或未依正確步驟。
 - 沒有做到：未進行為人員除汙作業後輻射污染偵測。
13. 完整進行環境除汙前之空間環境偵測。
 - 完全做到：環境除汙前以包括檯面、地面、附近器具為範圍，完整進行空間環境偵測。
 - 部份做到：只進行其中 1-2 項。
 - 沒有做到：未於環境除汙前執行空間環境偵測。
14. 依汙染核種及程度決定空間除汙流程 **及格關鍵**
 - 完全做到：正確依汙染核種及程度決定完整空間除汙流程並向在場人員簡要說明。
 - 部份做到：未向在場人員說明即進行空間除汙流程或流程不適當。
 - 沒有做到：未能依汙染核種決定空間除汙流程。
15. 正確執行空間除汙流程 **及格關鍵**
 - 完全做到：正確執行空間除汙流程，且除汙時依照由上而下，由外而內原則。
 - 部份做到：只進行其中 1 項
 - 沒有做到：未依原則完整執行空間除汙流程或流程不正確、或人員除汙前先進行空間除汙流程。
16. 空間除汙後完整進行空間環境偵測
 - 完全做到：完整進行包括檯面、地面、附近器具之除汙後空間環境偵測。
 - 部份做到：只進行其中 1-2 項。
 - 沒有做到：未進行除汙後空間環境偵測。
17. 正確進行輻射廢棄物偵測及暫存
 - 完全做到：包裝妥當後執行輻射廢棄物偵測、並於包裝外明確標示核種及日期後，暫存於廢料室。
 - 部份做到：輻射廢棄物包裝妥當直接存放於廢料室，但未執行輻射廢棄物偵測或未於包裝外明確標示核種及日期。
 - 沒有做到：未將輻射廢棄物包裝妥當，或丟棄於感染性廢棄物垃圾桶，或隨意丟棄。
18. 以同理心適當安撫受汙染人員情緒壓力，並正確告知後續追蹤事項
 - 完全做到：過程中能留心受汙染人員情緒壓力並以正確認知、後續追蹤及同理心言詞技巧緩解。
 - 部份做到：只提供相關知識及告知後續追蹤、未以同理心言詞緩解受汙染人員壓力。
 - 沒有做到：未提供相關正確認知只以不用緊張言詞安撫或所提供相關說明錯誤。
19. 完整進行表單紀錄及通報
 - 完全做到：確實記錄該起輻射汙染事件，表單上完整記錄流程、劑量、除汙程序…。
 - 部份做到：表單上僅有紀錄日期，並未完整記錄流程、劑量、除汙程序…。
 - 沒有做到：未進行表單紀錄。

五、1. 標準醫事人員對受測考生意見調查表

■ 測驗考生：

編號：

項目	同意程度			
	不 同意	部份 同意	同意	非常 同意
1. 我覺得輻射防護人員得到通知時就能立即有條理進行回應處置。	0	1	2	3
2. 我覺得輻射防護人員有認真聽完我、醫師及病人對於事件的描述。	0	1	2	3
3. 我覺得輻射防護人員給我的指示，每一個步驟都很明確易懂。	0	1	2	3
4. 我覺得輻射防護人員指示時，病人能很清楚要如何配合行動。	0	1	2	3
5. 我覺得輻射防護人員指示時，醫師能很清楚要如何配合行動。	0	1	2	3
6. 我覺得輻射防護人員沒注意到我也很擔心受輻射污染。	3	2	1	0
7. 我覺得輻射防護人員讓我留在輻射污染區太久了。	3	2	1	0

以這次這位輻射防護人員本次的整體表現而言，

如果下次發生輻射藥物噴濺事件也是這位輻射防護人員主責處理，您覺得：

- 非常樂意，如果我不幸碰到這樣的事，會能有這位輻射防護人員在場進行處置
- 樂意，希望我或其他病人碰到這樣情形時，能有這位輻射防護人員在場進行處置
- 可以，但是如果到時候是其他的輻射防護人員也沒關係
- 不希望，但如果真沒辦法就是這位輻射防護人員也只能將就
- 非常不希望，如果下次不是由其他輻射防護人員負責，我想我們都糟糕了

標準醫事人員簽名 _____

2. 標準化醫事人員指導說明

標準醫事人員劇本

Standard Medical Staff Script

簡介

住院醫師發生放射藥物噴濺時，你(妳)也身處於注射室，使用不同操作檯面為另一位病人進行檢查用放射藥物注射，當住院醫師發生放射藥物噴濺，由你(妳)偕同幫忙呼叫輻防人員。

工作須知

請依照考生的指示作業。

你的表現

請迅速找到輻射防護人員，有點緊張但不慌張，說話速度稍快，通知輻射防護人員盡速至注射室。

標準病人講稿

(找到輻射防護人員，請輻射防護人員盡速至注射室)

STEP1：輻防師，住院醫師剛剛打針時藥物噴濺出來，請你盡速過去協助處理。

六、1. 標準醫事人員對受測考生意見調查表

■ 測驗考生：

編號：

項目	同意程度			
	不同意	部份同意	同意	非常同意
1. 我覺得輻射防護人員有認真聽完我對於事件的描述。	0	1	2	3
2. 我覺得輻射防護人員指示時有注意到我能確實理解。	0	1	2	3
3. 我覺得輻射防護人員給我的指示，每一個步驟都很明確易懂。	0	1	2	3
4. 輻射防護人員指示後，我很清楚輻射污染處理最重要的目標是什麼。	0	1	2	3
5. 輻射防護人員進行輻射偵測時，我很清楚要如何配合他。	0	1	2	3
6. 輻射防護人員進行輻射偵測後，我很清楚理解身上並沒有污染。	0	1	2	3
7. 輻射防護人員說明後，我能放心我並不會因此增加輻射風險。	0	1	2	3

以這次這位輻射防護人員本次的整體表現而言，

如果下次發生輻射藥物噴濺事件也是這位輻射防護人員主責處理，您覺得：

- 非常樂意，如果我不幸碰到這樣的事，會能有這位輻射防護人員在場進行處置
- 樂意，希望我或其他病人碰到這樣情形時，能有這位輻射防護人員在場進行處置
- 可以，但是如果到時候是其他的輻射防護人員也沒關係
- 不希望，但如果真沒辦法就是這位輻射防護人員也只能將就
- 非常不希望，如果下次不是由其他輻射防護人員負責，我想我們都糟糕了

標準病人簽名 _____

2. 標準化病人指導說明

標準病人劇本

Standard Patient Script

簡介

你是發生藥物噴濺事件的病人。

背景資料

你是 80 歲住院病人陳達明先生，為攝護腺癌病人，今天到核醫科執行定期追蹤檢查，檢查項目是核醫骨骼造影檢查，由於身上留有靜脈留置針，王文翰醫師想要從你的靜脈留置針注射造影藥物，但因管路阻塞導致藥物注射不順，並且造成放射性藥物噴濺，你的身上沒有放射性藥物污染。

工作須知

請依照考生的指示作業。

你的表現

請表現緊張焦急和不滿的情緒，說話速度稍快，略顯慌張，抱怨住院醫師。

標準病人講稿

(輻射防護人員進入現場詢問狀況時回覆)

STEP1：醫生剛剛要幫我打針的時候，我已經跟他我會痛了，他還是繼續打針。

STEP2：現在要怎麼辦，那檢查還要不要做啊？

七、1. 標準醫師對受測考生意見調查表

■ 測驗考生：

編號：

項目	同意程度			
	不同意	部份同意	同意	非常同意
1. 我覺得輻射防護人員有認真聽完我對於事件的描述。	0	1	2	3
2. 我覺得輻射防護人員怪我沒處理好藥物注射，才讓大家這麼麻煩。	3	2	1	0
3. 輻射防護人員指示後，我很清楚輻射污染處理最重要的目標是什麼。	0	1	2	3
4. 我覺得輻射防護人員指示時有注意到我能確實理解。	0	1	2	3
5. 輻射防護人員進行輻射偵測時，我很清楚要如何配合他。	0	1	2	3
6. 輻射防護人員進行輻射偵測後，我很清楚理解身上污染範圍。	0	1	2	3
7. 輻射防護人員教導輻射污染除汗時，我很清楚要如何配合他。	0	1	2	3
8. 我感覺輻射防護人員認為我窮緊張，藥物噴濺不用大驚小怪。	3	2	1	0

以這次這位輻射防護人員本次的整體表現而言，

如果下次發生輻射藥物噴濺事件也是這位輻射防護人員主責處理，您覺得：

- 非常樂意，如果我不幸碰到這樣的事，會能有這位輻射防護人員在場進行處置
- 樂意，希望我或其他病人碰到這樣情形時，能有這位輻射防護人員在場進行處置
- 可以，但是如果到時候是其他的輻射防護人員也沒關係
- 不希望，但如果真沒辦法就是這位輻射防護人員也只能將就
- 非常不希望，如果下次不是由其他輻射防護人員負責，我想我們都糟糕了

標準醫師簽名 _____

2. 標準化醫師指導說明

標準醫師劇本

Standard Doctor Script

簡介

你是醫師，發生放射性藥物噴濺時的當事人，請簡單與進來處置的輻射防護人員做交班。

背景資料

你是第一年住院醫師王文翰醫師，今天要為 80 歲住院病人陳達明先生 (攝護腺癌症病人，今天到核醫科執行定期追蹤檢查，檢查項目是核醫骨骼造影檢查)，由於病人身上留有 IC Catheter，注射造影藥物前未先確認管路暢通，藥物注射時發現注射不順，強力推藥造成放射性藥物噴濺，身上白袍有污染。

工作須知

請依照考生的指示作業。

你的表現

請表現緊張焦急和不知所措的情緒、說話速度宜快。

標準病人講稿

(考生進入時大喊：藥物噴出來了，請幫我通知輻防師)

STEP1：我從病人的 Cath 進行藥物注射，但藥物推不動，藥物噴濺，現在應該怎麼辦？

STEP2：依照輻射防護人員指示配合輻射藥物偵測，不要主動給予提示。

STEP3：依照輻射防護人員指示配合輻射污染衣物脫除動作，不要主動給予提示。

STEP4：依照輻射防護人員指示配合輻射除汗步驟，除汗後等待給予下一步指示。

Establishment of an Objective Structural Clinical Examination (OSCE) Teaching Case for the Management of Radioactive Contamination in Nuclear Medicine

Jui-Yin Kung^{1,2}, Yao-Wen Chen¹, Yu-Hsueh Chen³, Jyun-Hao Chen³,
Zu-Yi Hsieh^{3,4}, Chen-Jung Chang², Shih-Chuan Tsai^{1,2*}

¹*Department of Nuclear Medicine, Taichung Veterans General Hospital, Taichung, Taiwan*

²*Department of Medical Imaging and Radiological Science, Central Taiwan University of Science and Technology, Taichung, Taiwan*

³*Department of Medical Education, Taichung Veterans General Hospital, Taichung, Taiwan*

⁴*Division of Allergy, Immunology and Rheumatology, Taichung Veterans General Hospital, Taichung, Taiwan*

Abstract

Nuclear medicine departments frequently utilize unsealed radioactive substances, and in the event of radioactive contamination, it is crucial for personnel to respond accurately and swiftly. The process of handling radioactive contamination includes radiation detection, controlling the spread of contamination, decontamination procedures, personnel monitoring, etc. Our department has established standardized operating procedures for handling such incidents and conducts regular drills. In order to objectively and consistently assess the proficiency of staff in responding to radioactive contamination, we developed the first Objective Structured Clinical Examination (OSCE) for radioactive contamination response in a nuclear medicine department in Taiwan. The OSCE protocol comprises comprehensive scenario simulations, guidance for standard patients and healthcare providers, instructions for examinees and examiners, and relevant assessment forms. The assessment forms underwent evaluation by internal and external experts, and the Delphi method was employed to analyze the importance and feasibility of the test items.

Key word: Objective Structured Clinical Examination, Scenario Design, radioactive contamination

J Nucl Med Tech 2023;20:25-36

Received 2023/12/13

Corresponding author: Shih-Chuan Tsai

Department of Nuclear Medicine, Taichung Veterans General Hospital, Taichung, Taiwan

Address: 1650 Taiwan Boulevard Sect. 4, Taichung, Taiwan 407219, ROC

Tel: (04) 2359-2525 ext.4800; E-mail: sctsai@vghtc.gov.tw

利用準直儀敏感度修正法與原檢查法進行相關分析比較 並施行品質管理在腎臟功能性影像

張添信 陳慶元 葉馨潔 劉宛茹

佛教慈濟醫療財團法人台中慈濟醫院 核子醫學科

背景介紹：台灣的腎臟疾病盛行率非常高，根據台灣衛生署的統計數據，2021年台灣的慢性腎臟病患病率為每千人18.6人，其中糖尿病腎病和高血壓腎病患病率分別為每千人8.3人和7.3人，腎臟疾病是台灣常見的慢性疾病之一，此外，台灣人口高齡化，腎臟功能隨年齡增長而逐漸下降，也是導致腎臟疾病盛行的原因之一，對健康和醫療資源造成了巨大的負擔，腎病支出更蟬聯健保花費首位。核醫腎臟功能檢查可以提供臨床評估腎臟功能，尤其是在腎臟可能受到損傷或疾病影響的情況，可以協助臨床醫師判斷腎臟是否正常運作，並可以提供有關腎臟對藥物的代謝速率的訊息，這些臨床資料可以用來診斷腎臟疾病，評估腎臟損傷的程度，以及監測腎臟功能的變化，核醫檢查是不可或缺的要角。

方法：分析有效腎血漿血流量檢查(ERPF)，總共收集76位病人(男性：54%；女性：46%)，量測藥物打針前後劑量，利用準直儀敏感度(LEHR)換算計數效率，計算取得鏡頭敏感度(CS)，CS的中位數分析為2053，使用GE Xeleris 3.0工作站分析，並由同三位技術人員圈畫ROI，比較原始計算ERPF方式與準直儀敏感度調整式方法進行相關差異比較。

結果：利用IBM SPSS Statistics 25版進行兩種統計分析，成對樣本T檢定與Bland-Altman方法，在成對樣本T檢定中表現高度相關性(0.996)，兩者無顯著差異(0.000)，在Bland-Altman視覺圖表分析顯示兩者無差異，顯示高度相關一致性，並對單位內同仁進行品質管理校驗分析相關差異討論是必須的。

討論：在傳統核醫造影部門，通常是忙碌而緊湊的排程檢查，利用改良式準直儀方式，可以改善檢查效率，提高作業流暢度，類似這樣的方法也可以使用在GFR等半定量分析檢查。改進的準直儀方法的實施在臨床環境中提供了幾個優勢，首先，它允許更精簡和高效的檢查過程，這對於病人數量多的繁忙部門特別有價值，該方法通過優化計數效率和調整靈敏度，使ERPF等參數計算準確可靠。

此外，改進後的工作流程有助於減少患者等待時間並提高整體患者滿意度，患者將經歷更短的檢查時間，這可以提高舒適度和便利性，另外成像過程效率的提高允許更高的患者吞吐量，從而可能減少檢查安排積壓。

關鍵詞：腎臟功能檢查、ERPF、品質管理

核醫技學誌 2023;20:37-44

背景介紹

在台灣健保支出項目中，佔比最高的是慢性腎臟病，透析治療盛行率更是世界第一，為什麼台灣會成為洗腎王國，洗腎是腎臟病替代療法的一種，是腎功能嚴重低下時延續生命的方式，當人類腎臟衰竭到末期階段喪失8~9成以上的功能時，為了維持身體相關機能需要接受透析治療或腎臟移植方式，其中透析療法最常見為血液透析也就是大家俗稱的洗腎，接受治療的患者每週需要2至3天的時間到洗腎中心，利用體外透析設備過濾血液中廢物與多餘水分，每次洗腎需要花費4~5小時不等，加上來回舟車勞頓幾乎了占據腎友的日常，在現今的台灣約有將近十萬人須仰賴洗腎維生，根據美國腎臟病登錄數據資料，台灣末期腎臟病發生率，高

接受日期：2023年12月20日
通訊作者：陳慶元
聯絡地址：台中市潭子區豐興路一段88號B1
電話：(04) 3606-0666 ext.4060 或 4061
電子郵件：tc112040@tzuchi.com.tw

居全球第二，接受透析治療的患者比例則高居世界第一位，而且近幾年的腎臟總病數還在增加，為何台灣洗腎盛行率如此之高呢？主要探討原因需要分成兩種因素，首先需要了解國內腎臟病的原因，次之為當前還存在的替代療法，為何本國民眾大多會選擇洗腎，台灣之所以好發腎病變與其他同為重災區一樣，致病因素也大同小異，像是美國，糖尿病與高血壓，就是造成嚴重腎臟病主要兩大原因，包含鄰家亞洲各國如新加坡也是深受腎臟病所苦，其成人糖尿病盛行率高達 10%，不少人最終仍需要走上洗腎一途，在台灣長期面臨腎臟病威脅，慢性腎臟病盛行率，從民國 90 年代的 2%，一路上升至現在的 10%，期間有多重因素相互疊加而習慣傷害影響到腎臟，包含 70 至 80 年代台灣民智未開，民間相當流行不良藥物與偏方，像有許多草根群眾習慣透過當地地下電台購買藥物，不少年紀稍大群眾亂買亂吃，最終落得肝腎衰竭，不當的用藥習慣往往伴隨兩大問題，首先藥物本身毒性會直接傷害腎臟，第二點則因延誤治療，當時許多民眾迷信偏方吃藥養身顧腎，但他們買了有害無益的藥品，卻誤以為有助健康，因此未能及時接受正規醫療最終導致病情惡化，等至腎衰竭才後悔莫及，這類販售藥品的電台在當時中南部頗為流行，一份 2003 年調查報告指出，雲嘉南地區尿毒症患者洗腎發生率為北台灣的 3 倍，在當時政府介入大力掃蕩後，地下電台賣不明藥品才逐漸消聲匿跡，但台灣腎病變盛行率卻居高不下，其原因為爆量的慢性腎病變接續成為新的治病禍源，隨著經濟發展國人生活水準提高，但也代表許多慢性疾病逐漸盛行，例如糖尿病為例，後天型的糖尿病跟飲食習慣與肥胖密切相關而統計數字顯示，台灣年滿 18 歲的國民，糖尿病盛行率高過於全球平均值，近年更出現年輕趨勢化，其中青年糖尿病患者數量是過去 10 年內的增加 40%，研究指出糖尿病其中最嚴重的併發症就是腎臟病變，縱觀亞洲地區，幾個糖尿病高度盛行地區，末期腎臟病好發率也同步偏高，在台灣有將近半數的末期腎臟病患者，起因源自糖尿病，類似情形也發生在新加坡及馬來西亞等國家，隨著人的平均壽命逐年增加腎病變的盛行率也逐漸升高，糖尿病造成腎臟病變從初期一路至末期平均病程約莫要 22 年，也就是說飲食西方化習慣的改變，讓人們提高罹患糖尿病，而醫療的進步，拉高人們壽命的平均水平，導致病程整體發展時間延長，進而增加末期腎臟病人口數，根據資料指出慢性病就是最

大的主因，而台灣腎臟末期的高發生率則催生出大量的洗腎人口，然而對末期病患來說洗腎並非唯一療法，為何台灣人會多數選擇洗腎療法大約歸納為三種因素，首先為便宜且完善的健保制度大幅降低洗腎的門檻，在台灣剛引進洗腎透析技術時單次費用約莫高達 1 萬元，以一週治療約 3 次計算病人負擔相當沉重，一般家庭幾乎很難負擔起這樣的費用，因此當時很少會選擇此療法，自民國 84 年健保局全民健保開辦後直至民國 95 年才納入全額給付項目，自此洗腎人口才開始快速增加，洗腎人口從民國 85 年的 2 萬人一路成長至當前的 10 萬人，一次洗腎約莫 4000 元台幣，以一個月洗 12 次計算一年費用就要 57 萬台幣，大約是國人薪資的中位數，第二項為台灣先進的醫療技術，提高洗腎病人的存活率，根據 2021 年台灣腎病年報，2010 至 2014 年的透析患者五年累積存活率達 54% 遠高於美歐先進國家的 40% 比例，也因此產生累加效應導致一年一年累加下來的龐大洗腎人口數，最後則是台灣腎臟移植人口數率偏低，洗腎的其中一種替代療法便是腎臟移植，理論上來說腎臟移植是最佳的選擇療法，加上台灣的醫療外科移植技術，接受手術後 5 年存活率為 90%，更有高達 80% 的腎末期病人終身無須洗腎，根據統計數字顯示 2015 年至 2019 年台灣腎臟移植手術例數，每年約莫 300 例上下，遠低於其他國家，其探究原因在於捐贈器官數目供應太少，台灣目前約有 7000 人等待腎臟移植手術，但每年約只有 200 人完成移植腎臟手術，然而西方國家較盛行親屬活體捐贈礙於法規與社會觀念不同，台灣人民的接受度普遍不高，因此多數腎末病人只能繼續選擇終其一生的洗腎療法，根據前面資料得知，台灣洗腎王國的稱呼不脛而走，在政府健保局費用支出約一年要 440 億元，造成健保局赤字的主因之一。

核子醫學腎臟檢查是一種使用放射性同位素進行檢測的醫學影像檢查方法，主要用於評估腎臟的功能和結構，這類檢查通常用於檢測腎臟的血流、過濾功能和分泌功能，以協助醫生診斷或追蹤患者的腎臟狀態，核子醫學腎臟檢查的優勢在於它可以提供有關腎臟功能的詳細訊息，並且對於一些其他影像檢查難以提供的資訊，例如腎臟的血流情況，核子醫學則更注重顯示功能和代謝的變化。

方法

回溯分析 2021 至 2022 年單位內施行有效腎血漿血流量檢查 (ERPF)，總共收集 76 位病人 (男性：54%；女性：46%)，平均年紀為 59.4 歲 (標準差 ± 14 歲)，利用 Tc-99m MAG3 經由靜脈注射入人體後，在血液中的清除率極為快速而且呈現雙階段的排泄，第一階段的半衰期約為 3 分鐘，第二階段的半衰期約為 16 分鐘，其腎臟萃取率約為 54%，接近 90% 的 MAG3 會與蛋白質結合，大於 90% 是經由腎小管所代謝出去，在注射入人體內 30 分鐘後，大約 75% 排泄至尿液，3 小時後則約 95%，在注射 3 小時後，僅約 2% 的量會留在血液中，另 2% 則會存在肝臟及膽囊與腸道，一般平均成人的腎臟血流 renal plasma flow (RPF) 為 600 ~ 650 mL/min，但有效腎血漿血流量檢查 (ERPF) 為推估值，正常值約莫在大於 450 ~ 500 mL/min，會隨著年紀增長而進行遞減，病人毋需空腹正常飲食即可，只需要在檢查前 30 分鐘喝水 500 mL，讓腎臟處於飽水狀態，檢查時間約 30 分鐘，即可完成受檢。

一、原檢查法

造影條件設定矩陣大小為 128*128，放大倍率 (ZOOM) 為 1.5，病人為仰躺姿勢，造影前需請病人先去廁所把尿排乾淨，因病人有可能需要施打利尿劑 (Lasix)，提醒病人身體需保持姿勢不動，平躺舒適後即可開始造影，選用準直儀為 LEHR，機器設備為加碼攝影儀 (SPECT) 為 GE Infinia Camera，使用藥物為 Tc-99m MAG3 6mCi。

1. 首先需量測滿針劑量計數，距離二號偵測頭 30 公分，計數 1 分鐘。如圖 1。
2. 開始造影第一階段為 360 秒，一幀 / 3 秒，共 120 幀，第二階段為 1260 秒，一幀 / 15 秒，共 84 幀，連續收集 27 分鐘結束造影流程。
3. 量測注射部分殘餘藥物計數 1 分鐘，保持距離 2 號偵測頭 30 公分。
4. 量測空針殘餘藥物計數 1 分鐘，保持距離 2 號偵測頭 30 公分。

二、準直儀修正法

首先第一步驟為找出此單光子加碼攝影儀的準直儀 LEHR 的計數敏感度，利用原檢查法的滿針量測計

數值來計算，測量滿針前需要使用劑量校正器 (Dose Calibrator) 來測量藥物活度劑量 (mCi、毫居禮) 量測時間需要 1 至 2 秒方得得知藥物劑量，其準直儀敏感度公式如下：

$$\text{準直儀敏感度 (CS)} \\ = (\text{滿針計數總數目} / 60 \text{ 秒}) / \text{藥物滿針劑量}$$

利用上述式子對 76 位病人資料進行分析計算最後得到中位數為 2053，求得準直儀敏感度後，不需要量測 1 分鐘滿針與空針計數資料，只需將滿針與空針放入劑量校正器量測劑量並記錄，使用 GE Xeleris 3.0 工作站腎臟軟體分析有效腎血漿血流量檢查時，需要輸入藥物滿針與空針劑量藥物數值，與輸入設定 LEHR 準直儀定義敏感度為 2053，即可進行後續影像分析流程，並請三位醫事放射師進行圈畫腎臟輪廓，比較相關差異性，放射師年資約有 6 至 14 年核醫工作資歷。



圖 1. 造影量測滿針與空針示意圖

結果

結果一為統計自身差異分析，三位醫事放射師圈選腎臟原檢查法與準直儀修正法，前後比較 76 位病人資料，利用 IBM SPSS Statistics 25 版進行針對個人使用兩種統計分析，成對樣本 T 檢定與 Bland-Altman 方法，在成對樣本 T 檢定中三位與自己比較均呈現高度相關性分別為 0.996、0.998、0.997，分析前後方法兩者無顯著差異 (P 值：0.0001)，在 Bland-Altman 視覺圖表分析顯示兩者無差異，顯示高度相關一致性，三位醫事放射師在圈選前後兩次差異一致性皆表現得非常好。

結果二統計方法為一般線性模型重複測量分析，三位醫事放射師針對這 76 位腎臟資料分析結果發現之間有差異，總共有 6 組資料，組數 1、3、5 為原檢查法，組數 2、4、6 為準直儀修正法，進行品質管理調查，發現第二位醫事放射師圈選的腎圖數值較其他二位明顯較低 (P 值為 0.005)，原檢查法第 1 組與第 5 組無顯著差異，準直儀修正法第 2 組與第 6 組無顯著差異，如表 1、表 2、表 3、圖 3 所示。

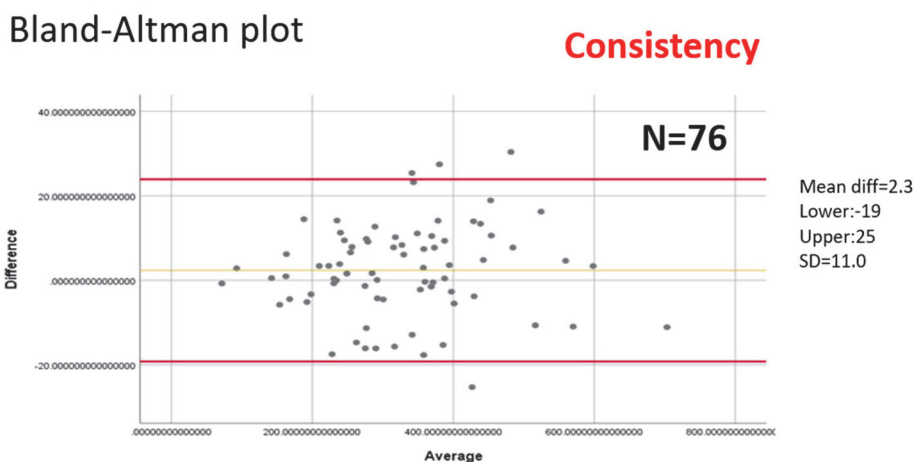


圖 2. Bland-Altman plot 一致性分析範例圖

表 1. 組間差異數值分析表

敘述統計

	平均值	標準差	N
Original A	328.4347	118.01430	76
Modify A	326.1159	117.26808	76
Original B	308.5100	117.05026	76
Modify B	304.2443	115.17131	76
Original C	332.5611	124.69266	76
Modify C	321.7086	121.60844	76

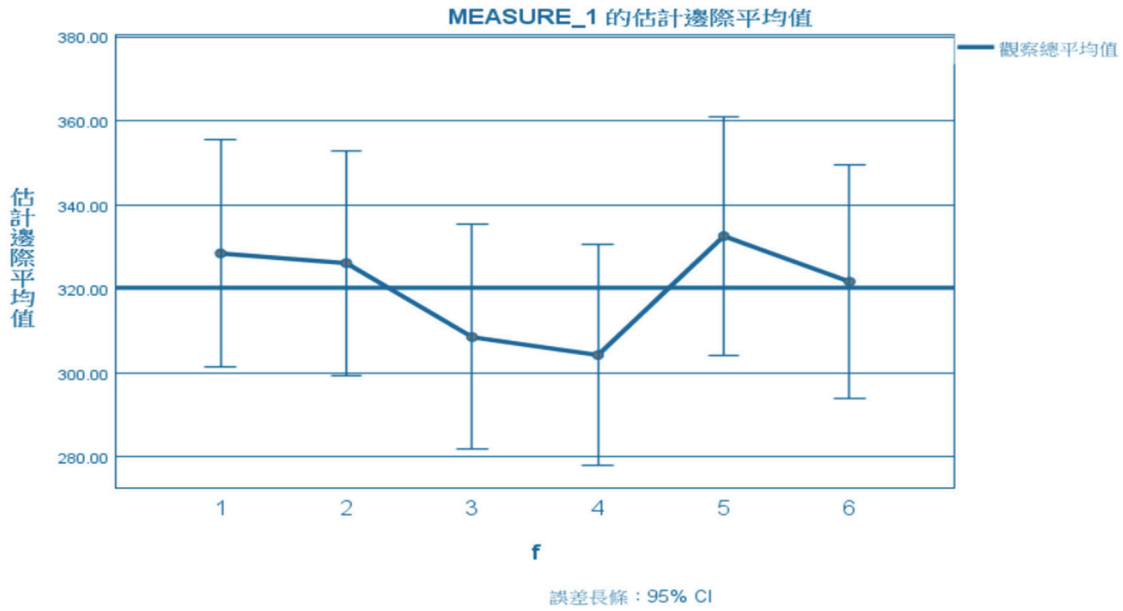


圖 3. 6 組資料平均值相關差異

表 2. 球形假設顯著，表示存在差異

受試者內效應項檢定

MEASURE_1

來源		類型 III 平方和	自由度	均方	F	顯著性	Partial Eta Squared
f	假設的球形	49331.303	5	9866.261	22.324	.000	.229
	Greenhouse-Geisser	49331.303	1.497	32961.065	22.324	.000	.229
	Huynh-Feldt	49331.303	1.520	32448.821	22.324	.000	.229
	下限	49331.303	1.000	49331.303	22.324	.000	.229
Error(f)	假設的球形	165732.300	375	441.953			
	Greenhouse-Geisser	165732.300	112.249	1476.470			
	Huynh-Feldt	165732.300	114.021	1453.524			
	下限	165732.300	75.000	2209.764			

表 3. 成對比較，資料 3 與 4 組呈現差異明顯

(I) f	(J) f	平均值 差異 (I- J)	標準 誤	顯 著 性 ^b	差異的 95% 信賴 區間 ^b		
					下限	上限	
1	2	2.319	1.262	.664	-1.498	6.136	
	3	19.925*	4.407	.000	6.597	33.252	
	4	24.190*	4.244	.000	11.356	37.025	
	5	-4.126	2.079	.543	-10.414	2.161	
	6	6.726*	2.069	.026	.471	12.982	
	2	1	-2.319	1.262	.664	-6.136	1.498
2	3	17.606*	4.404	.002	4.288	30.924	
	4	21.872*	4.198	.000	9.178	34.565	
	5	-6.445	2.332	.103	-13.498	.607	
	6	4.407	2.097	.448	-1.933	10.748	
	3	1	-19.925*	4.407	.000	-33.252	-6.597
	2	17.606*	4.404	.002	-30.924	-4.288	
3	4	4.266*	.864	.000	1.652	6.880	
	5	-24.051*	4.565	.000	-37.854	-10.248	
	6	-13.199	4.426	.056	-26.582	.185	
	4	1	-24.190*	4.244	.000	-37.025	-11.356
	2	-21.872*	4.198	.000	-34.565	-9.178	
	3	-4.266*	.864	.000	-6.880	-1.652	
4	5	-28.317*	4.446	.000	-41.763	-14.871	
	6	-17.464*	4.211	.001	-30.198	-4.731	
	5	1	4.126	2.079	.543	-2.161	10.414
	2	6.445	2.332	.103	-.607	13.498	
	3	24.051*	4.565	.000	10.248	37.854	
	4	28.317*	4.446	.000	14.871	41.763	
5	6	10.852*	1.142	.000	7.399	14.306	
	6	1	-6.726*	2.069	.026	-12.982	-.471
	2	-4.407	2.097	.448	-10.748	1.933	
	3	13.199	4.426	.056	-.185	26.582	
	4	17.464*	4.211	.001	4.731	30.198	
	5	-10.852*	1.142	.000	-14.306	-7.399	

討 論

利用準直儀修正法量測 ERPF 是可以施行在忙碌的傳統核醫部門，減少量測滿針與空針的計數時間，丟入劑量校正儀即可取而代之，加速檢查流程，減少病人受檢時間，對於工作人員也可以因減化流程，減少犯錯機會，在整理資料過程有發現，因為在測量滿針與空針時，工作人員可能因忙碌導致沒注意放置在造影區域中間，而是把滿針或空針放在造影區域邊緣導致計數值被低估

現象發生，在計算準直儀敏感度時需要注意此人為誤差造成低估效能，如圖 4. 所示，此方法雖然可行但唯一缺點為機器的準直儀敏感度需要定期確認，敏感度會隨機器老化導致數值下修可能，建議至少每半年或年確認一下敏感度是否有往下趨勢現象。

醫事放射師在圈選 ROI 影像時大小建議需要大家開會討論，品質管理是非常重要的議題，往往單位工作崗位會進行輪調，工作人員的流動所產出來影像品質，

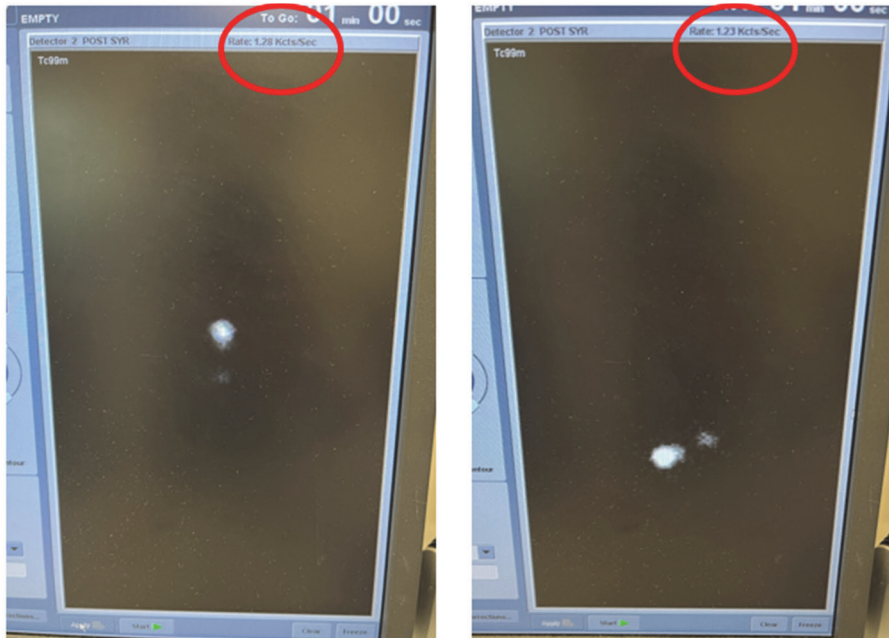


圖 4. 測量空針放置差異示意圖，計數數值會被低估

差異往往就這樣產生，此篇發現第二位醫事放射師圈選 ROI 時會選用自動圈選 ROI 功能鍵，導致圈選大小往往偏小，數值也就隨之下降，這樣的人為的誤差，需要單位有人進行相關監督檢討與改善，提高影像報告品質，建議同仁可以相互比較一致性相關差異，精益求精。

參考資料

1. Marco Altarelli. Renal scintigraphy to predict persistent renal failure after acute kidney injury: an observational study. *Journal of Nephrology*. 1 January 2023
2. 2021 台灣腎病年報
3. Alberto J. Arroyo. Effective Renal Plasma Flow Determination Using Tc-99m MAG3 : Comparison of Two Camera Techniques with the Tauxe Method. *J Nucl Med Technol* 1993; 21:162-166
4. KAO, C. H. Tc-99m MAG3 renal studies Effective renal plasma flow in patients with spinal cord injuries. *Nuclear Medicine Communications* 17(12): p 1068-1071, December 1996.
5. Chanisa Chotipanich MD Correlation of the ERPF with the Extraction Fraction Values of Technetium-99m Mercaptoacetyl triglycine. *J Med Assoc Thai* Vol. 89 No. 9 2006
6. 2022 台灣腎病年報

Comparative Analysis of Sensitivity Correction Method Using Collimator and Original Inspection Method for Quality Management in Renal Functional Imaging

Tien-Hsin Chang, Ching-Yuan Chen, Hsin-Chieh Yeh, Wan-Ju Liu

Taichung Tzu Chi Hospital, Buddhist Tzu Chi Medical Foundation, Taichung, Taiwan

Background: Kidney disease prevails markedly in Taiwan. As per Taiwan's Department of Health, chronic kidney disease's prevalence rate stood at 18.6 per thousand individuals in 2021. Noteworthy are the prevalence rates of diabetic nephropathy and hypertensive nephropathy, reaching 8.3 and 7.3 per thousand, respectively. Kidney disease ranks among Taiwan's prevalent chronic ailments. The aging demographic further augments kidney disease prevalence due to age-related renal function decline, placing substantial strain on healthcare and medical resources. Notably, kidney disease expenses lead health insurance expenditure.

Nuclear medicine's role in assessing renal function, particularly in compromised states, is pivotal. It aids clinicians in discerning proper kidney functionality and drug metabolism rates, thereby serving as a cornerstone for diagnosing kidney ailments, evaluating damage extents, and monitoring function shifts.

Methods: An exploration into effective renal plasma flow (ERPF) encompassed 76 patients (54% male, 46% female). Drug dosages pre and post-injection were gauged. Collimator sensitivity (CS) quantification to ascertain counting efficiency ensued. A median CS of 2053 emerged. The GE Xeleris 3.0 workstation facilitated data analysis, with consistent technician-delineated regions of interest (ROI). ERPF computation methods were juxtaposed: original versus LEHR-adjusted.

Results: Via IBM SPSS Statistics version 25, paired samples t-tests and Bland-Altman analyses transpired. A substantial correlation (0.996) and insignificance ($p = 0.000$) denoted agreement between the two methods. Bland-Altman plot analysis affirmed the accord, signifying robust consistency.

Discussion: Traditional nuclear medicine departments grapple with demanding timetables. Incorporating the revised collimator technique, efficiency ameliorates, invigorating workflow. Analogous strategies extend to semi-quantitative analyses like glomerular filtration rate measurements. The revised collimator method offers clinical merits: streamlined and efficient examinations, invaluable for bustling high-volume departments. Efficiency optimization, count accuracy refinement, and sensitivity adjustments culminate in precise ERPF calculations. Augmented workflow truncates patient waiting periods, augmenting overall satisfaction. Abbreviated examination durations enhance patient comfort. Enhanced imaging efficiency accommodates heightened patient throughput, potentially mitigating appointment backlogs.

Key word: ERPF, QA, Renal function

J Nucl Med Tech 2023;20:37-44

Received 2023/12/20
Corresponding author: Tien-Hsin Chang
Taichung Tzu Chi Hospital, Buddhist Tzu Chi Medical Foundation, Taichung, Taiwan
Address: B1, No. 88, Section 1, Fengxing Road, Tanzi District, Taichung City, Taiwan (ROC)
Tel: (04) 3606-0666 ext.4060, 4061; E-mail: tc112040@tzuchi.com.tw

左上臂表面因新冠疫苗注射導致攝取氟-18 去氧氟化葡萄糖之偽陽性—兩例案例報告

吳麗君¹ 顏玉安¹ 李將瑄^{1,2}

¹ 奇美醫療財團法人奇美醫院 核醫科

² 高雄醫學大學 醫學系

摘要

接種新冠疫苗的常見副作用為注射部位疼痛、紅斑、硬結和壓痛，這些反應通常會在接下來的4到5天內緩解。雖然注射表面上的症狀消退，但在病理或顯微鏡下會持續多久我們是不知道的。已知去氧氟化葡萄糖 (FDG) 在發炎反應，會顯示 FDG 累積增加，所以 FDG 攝取與疫苗發炎是相關的。

兩個案例報告，在執行真正全身 PET (含手和腳) 時，意外發現在左上臂表面均有 FDG 攝取，案例一是鼻咽癌 (NPC) 復發，並且左腋下多處小顆淋巴結 FDG 攝取；案例二是淋巴瘤 (lymphoma) 復發，兩案例在臨床檢查都沒有異狀。

回顧3個月前這兩個病人都在同一位置都有注射新冠疫苗，其表面上的部位沒有任何異狀，經追蹤一年，病情也未有轉移到此部位，臨床醫師亦認為不似轉移，判定當時 PET 的攝取病灶只是新冠疫苗引起的發炎反應。所以以後遇到類似的病人，應該詢問病人最近是否施打新冠疫苗的紀錄，避免偽陽性。

關鍵詞：新冠疫苗，FDG，PET，注射部位，偽陽性

核醫技學誌 2023;20:45-50

接受日期：2023年11月30日

通訊作者：李將瑄

聯絡地址：71004 台南市永康區中華路 901 號

電話：(06) 281-2811 ext.53575

電子郵件：chlee4@ms45.hinet.net

前言

接種新冠疫苗的常見副作用為注射部位疼痛、紅斑、硬結和壓痛，這些反應通常會在接下來的4到5天內緩解 [1-2]。已知在發炎部位或惡性腫瘤會攝取去氧氟化葡萄糖 (fluorodeoxyglucose, FDG)，而且在惡性腫瘤時延遲相的 FDG 的最大標準攝取值 (maximum standardized uptake value, SUVmax) 會明顯增加，而發炎反應反而沒有顯著增加或減少 [3-4]。

我們報告兩個案例，在執行真正全身 (Real Whole-body imaging) 正子放射斷層 / 電腦斷層 (Positron emission tomography/computed tomography, PET/CT) (從頭到腳，包括手和腳) 時，意外發現左上臂的表面上均有 FDG 攝取，其中案例一同側的腋下有多處小顆淋巴結 FDG 微弱攝取，臨床檢查均無異狀。回溯該病人3個月前，同部位有打過新冠疫苗，經追蹤一年，病人此部位沒有任何異狀，病情也沒有轉移到此部位，臨床醫師亦認為不似轉移，認為為新冠疫苗後有持續性發炎反應，判讀為偽陽性。回顧文獻案例甚少，特此提出。

病例報告

案例一

一位58歲男性鼻咽癌 (nasopharyngeal cancer) 病人，經化療電療後，因懷疑復發故安排 PET。PET 檢查前除白開水以外禁食6小時，注射 FDG 前先飲水 300-500ml，於右手背靜脈注射 10 mCi FDG 後，以 100ml 生理食鹽水點滴滴入，補充水份及沖洗注射管路，在密閉昏暗房間內休息 60 分鐘後，執行真正全身 PET/CT 掃描，初期全身掃描 (initial whole body scan)，掃描前再喝水 500ml，雙手放下，由頭頂掃至腳，注射後 90 分鐘後

執行延遲掃描 (delayed scan)，掃描前仍喝水 500ml，雙手上舉掃描肩膀至大腿中段，然後雙手放下掃描頭頸部。使用 GE Discovery IQ PET/CT (5 環)，並搭配 Asir 低劑量 CT 及 Xeleris 影像重組軟體 (version3.1)[5-6]。

其結果顯示右側鼻咽、右側旁咽、顱底、右側頸部第二區有淋巴轉移有顯著 FDG 增加，但在初期全身 PET 影像及延遲相意外發現左上臂表面有 FDG 攝取 (圖 1A 和 B，SUVmax 1.8→1.5)。左腋下亦有多處小顆淋巴結微弱 FDG 攝取 (圖 1C 和 D，SUVmax 0.9→1.3 或 SUVmax 0.9 vs.1.3)，兩者延遲相並無顯著增加。

回溯病人檢查前 3 個月施打莫德納疫苗 (Moderna) 第一劑，注射部位為左上臂，未施打第二劑。臨床檢查發現左上臂表面的 FDG 攝取病灶與之前新冠疫苗注射部位相同，左上臂外觀並無異狀，經追蹤一年，病人此部位沒有任何異狀，病情也沒有轉移到此部位，已知鼻咽癌轉移到皮膚很少見 [7]，臨床醫師亦認為不似轉移，認為為施打新冠疫苗後的持續性發炎反應，判讀為偽陽性。

案例二

一位 35 歲男性典型何杰金氏淋巴瘤 (Classic Hodgkin lymphoma) 病人，已經化療，因懷疑復發安排 PET 檢查，檢查方式如案例一，於左手肘靜脈注射 10 mCi FDG。結果在全身影像無 FDG 顯著攝取，但在初期全身 PET 影像意外發現左上臂有 FDG 攝取，延遲相並無顯著增加 FDG 攝取 (SUVmax 3.2→2.1) (圖 2)。

回溯病人檢查前 3 個月有施打莫德納疫苗第一劑，注射部位為左上臂，未施打第二劑。臨床檢查發現左上臂表面的 FDG 攝取病灶與之前新冠疫苗注射部位相同，左上臂外觀並無異狀，經追蹤一年，病人此部位沒有任何異狀，病情也沒有轉移到此部位，已知何杰金氏淋巴瘤轉移到皮膚很少見 [8]，臨床醫師亦認為不似轉移，認為為施打新冠疫苗後的持續性發炎反應，判讀為偽陽性。

討論

新冠疫苗的常見副作用為注射部位疼痛，有 84.2% 會造成注射部位有立即反應 (immediate injection-site reactions)，0.8% 的人會超過 8 天以上發生延遲注射部位反應 (delayed injection-site reactions)，這些注射反應為紅斑、硬結和壓痛，通常在接下來的 4 到 5 天內消退 [2]。此二案例病人注射新冠疫苗已經過 3 個月，其左上臂的

表面皮膚外觀並無異狀，也不會疼痛，在 PET 影像下注射部位表面有 FDG 攝取，延遲相無顯著增加，已知 PET 在發炎會攝取，而發炎反應在延遲相時不會顯著增加 [3-4]。此二案例臨床上無異狀，但是在顯微鏡下發炎反應可能持續更久，所以會有 FDG 的攝取。

淋巴結腫大是在 44% 的接種新冠疫苗者中發現的常見不良反應，在接種後 43 週內仍可見持續性淋巴結腫大 [9]，各種影像學檢查均可見單側腋窩淋巴結腫大與最近的同側疫苗接種有關 [10]。推測其發生原因，有可能是注射位置太高而沒有將疫苗注入三角肌肌肉內，反而注入肩峰下組織，因此引起相關被注射組織發炎 [1]。案例一為鼻咽癌復發，除左上臂的表面皮膚有 FDG 攝取以外，還有同側腋下淋巴結微弱 FDG 攝取，延遲相無顯著增加，已知鼻咽癌會轉移到腋下淋巴結機率甚少 [11]，而且追蹤一年並無證據顯示腋下淋巴結為轉移病灶，臨床醫師亦認為不似轉移，故判定其為注射疫苗所引起，並非轉移，為偽陽性。

因為此 FDG 攝取病灶為意外發現，與病人本身疾病無顯著相關，無法取得病理切片報告，且病人臨床上沒有需要再執行 PET，故無追蹤 PET 可做比較，無法得知該處是否持續 FDG 攝取。

本院是執行真正的全身 PET，是包括手和腳，從頭頂掃至腳 [5]，才會在手部和腳部有意外的發現。而且有加照延遲相，可量化初期相及延遲相的 SUVmax。根據衛生福利部疾病管制署官方統計 (至 112.9.24 止)，全台新冠疫苗接種人次，第一劑達全台 21,899,240 人，第二劑達 20,793,089 人，追加劑達 17,953,302 人 [12]，所以遇到相似情形應會很頻繁，我們相信在疫情期間此二病例並非罕見，只是本院執行真正全身掃描有包含手腳，才會發現，其它醫院掃軀幹 PET (Torso imaging)，不包括手腳，從顱底掃至大腿中段，就不會發現此現象。

結論

在真正全身 PET 上有顯示手臂表面及同側腋下淋巴結有 FDG 攝取，可回溯病人是否有接種新冠疫苗的紀錄並詢問注射部位，可排除偽陽性。

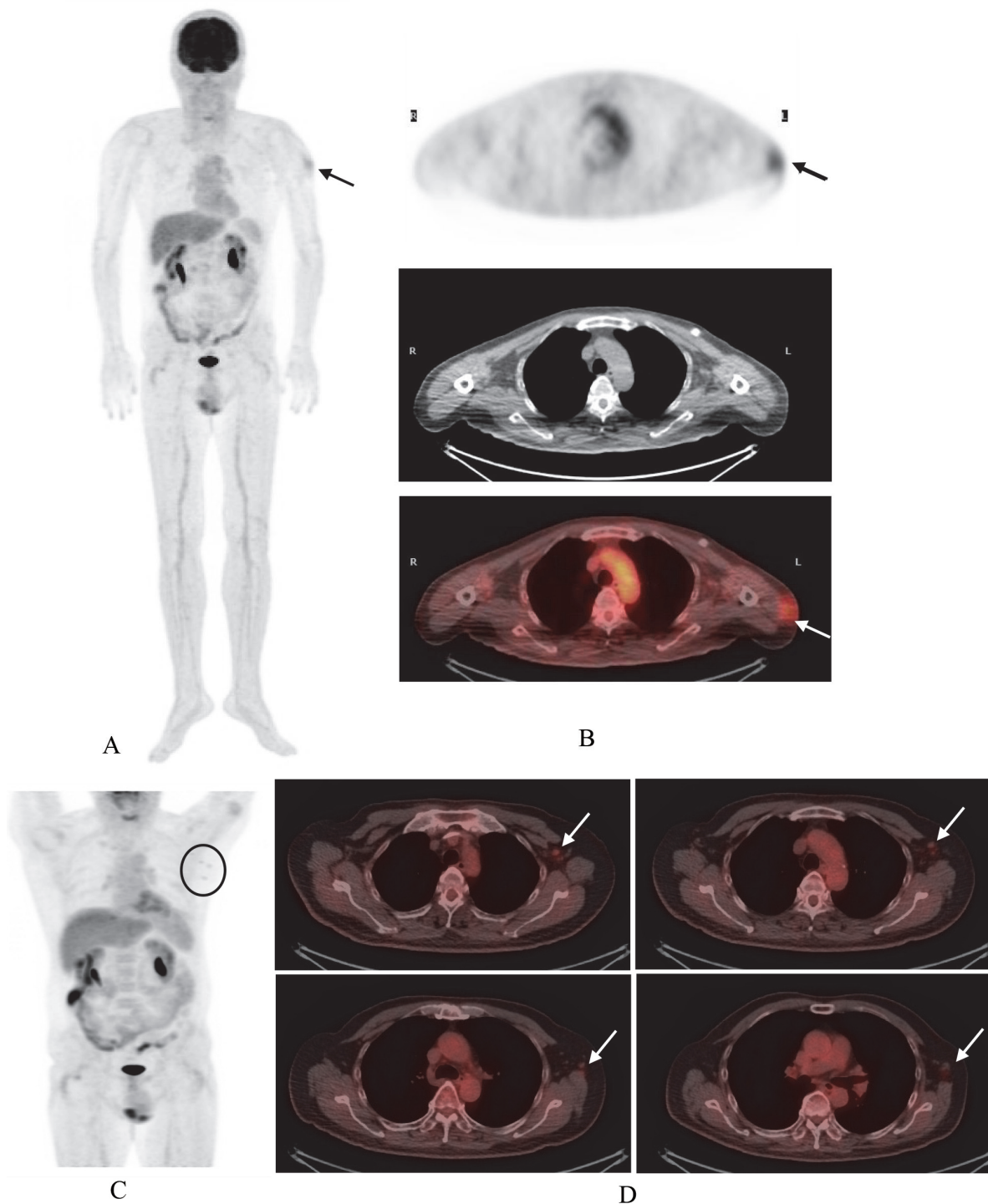


Figure 1. 一位 58 歲男性鼻咽癌病人，經化療電療後，因懷疑復發執行 PET/CT。右手背靜脈注射 FDG。3 個月前在左上臂有接種新冠疫苗，初期像 PET 的 MIP(Maximum intensity projection)(A)，橫切面 PET、CT、Fused PET/CT (B，上至下)，其左上臂表面有 FDG 攝取 (箭頭)。延遲像 PET 的 MIP(C，圓圈)和橫切面 Fused PET/CT (D，箭頭)，其左腋下有多處小顆淋巴結 FDG 微弱攝取，FDG 無顯著增加，經追蹤一年，病人此部位沒有任何異狀，病情也沒有轉移到此部位，認為為施打新冠疫苗後的持續性發炎反應，判讀為偽陽性。

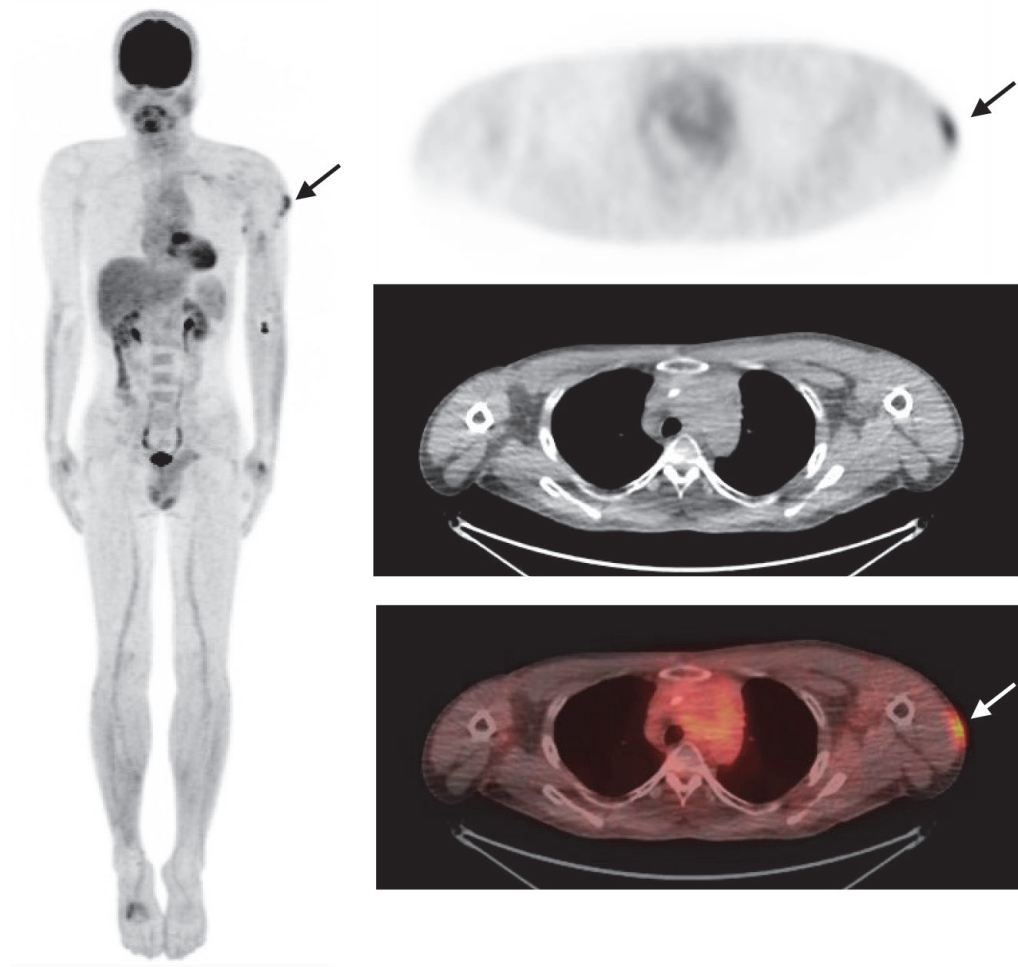


Figure 2. 一位 35 歲男性淋巴癌病人，因懷疑復發執行 PET/CT 檢查，左手肘靜脈注射 FDG。3 個月前在左上臂有接種新冠疫苗，初期像 PET，其左上臂表面有 FDG 攝取 (箭頭)，經追蹤一年，病人此部位沒有任何異狀，病情也沒有轉移到此部位，認為為施打新冠疫苗後的持續性發炎反應，判讀為偽陽性。

參考文獻

1. Bancsi, A., S.K.D. Houle, and K.A. Grindrod, *Getting it in the right spot: Shoulder injury related to vaccine administration (SIRVA) and other injection site events.* Can Pharm J (Ott), 2018. 151(5): p. 295-299.
2. Blumenthal, K.G., et al., *Delayed Large Local Reactions to mRNA-1273 Vaccine against SARS-CoV-2.* N Engl J Med, 2021. 384(13): p. 1273-1277.
3. Rahman, W.T., et al., *The impact of infection and inflammation in oncologic (18) F-FDG PET/CT imaging.* Biomed Pharmacother, 2019. 117: p. 109168.
4. Vaidyanathan, S., et al., *FDG PET/CT in infection and inflammation--current and emerging clinical applications.* Clin Radiol, 2015. 70(7): p. 787-800.
5. Boellaard, R., et al., *FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0.* Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2015. 42(2): p. 328-54.
6. Yen, Y.A., et al., *Does Routine Triple-Time-Point FDG PET/CT Imaging Improve the Detection of Liver Metastases?* Diagnostics (Basel), 2020. 10(9).
7. Shaaban, A.M., M. Rezvani, and P.R. Chapman, *Diagnostic imaging. Oncology / [edited by] Akram M. Shaaban, Maryam Rezvani, Philip R. Chapman.* Second edition. ed. Oncology. 2020, Philadelphia, PA: Elsevier. 59-67.

8. Shaaban, A.M., M. Rezvani, and P.R. Chapman, *Diagnostic imaging. Oncology / [edited by] Akram M. Shaaban, Maryam Rezvani, Philip R. Chapman*. Second edition. ed. Oncology. 2020, Philadelphia, PA: Elsevier. 831-840.
9. Wolfson, S., et al., *Axillary Adenopathy after COVID-19 Vaccine: No Reason to Delay Screening Mammogram*. Radiology, 2022. 304(3): p. E57.
10. Eshet, Y., et al., *Prevalence of Increased FDG PET/CT Axillary Lymph Node Uptake Beyond 6 Weeks after mRNA COVID-19 Vaccination*. Radiology, 2021. 300(3): p. E345-e347.
11. Ng, S.H., et al., *Nodal metastases of nasopharyngeal carcinoma: patterns of disease on MRI and FDG PET*. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2004. 31(8): p. 1073-80.
12. 0924 各類 COVID-19 疫苗接種對象累計接種人次與各縣市 COVID-19 疫苗接種率 · 衛生福利部疾病管制署 : <https://www.cdc.gov.tw/File/Get/S-Uk62a81ni6PjqM76051w>.

False Positive of FDG uptake at the surface of left upper arm due to injection site of COVID-19 vaccine on PET/CT images - Two Case reports

Li-Chun Wu¹, Yu-An Yen¹, Chiang Hsuan Lee^{1,2}

¹Department of Nuclear Medicine, Chi Mei Medical Center

²School of Medicine, Kaohsiung Medical University

Abstract

The common side effects of COVID-19 vaccination include pain, redness, hardness, and tenderness at the injection site. Typically, these symptoms will alleviate within the next 4 to 5 days. Although the surface symptoms of injection may subside, the duration of pathological or microscopic changes is unknown. It is known that Fluorine-18 fluorodeoxyglucose (FDG) shows increased accumulation in inflammatory reactions, suggesting a correlation between FDG uptake and vaccine-induced inflammation.

In two case reports, during the execution of a comprehensive PET scan (including hands and feet), unexpected FDG uptake was observed on the surface of the left upper arm. In case 1, a recurrence of nasopharyngeal carcinoma (NPC) was discovered, with additional FDG uptake in multiple small lymph nodes in the left axilla. In case 2, a recurrence of lymphoma was identified, with no clinical symptoms observed during routine examinations.

Upon reviewing the history, both patients had received the COVID-19 vaccine in the same location three months prior. After a one-year follow-up, there were no visible abnormalities at the injection site, suggesting that the PET uptake lesions at that time were solely due to the inflammatory response induced by the COVID-19 vaccine. Therefore, when encountering similar patients in the future, it is advisable to inquire about the patient's recent COVID-19 vaccination record to avoid false positives.

Key word: COVID-19 vaccine, FDG, PET, injection site, false positives

J Nucl Med Tech 2023;20:45-50

Received 2023/11/30
Corresponding author: Chiang Hsuan Lee
Department of Nuclear Medicine, Chi Mei Medical Center
Address: No. 901, Zhonghua Rd., Yongkang Dist., Tainan City 710, Taiwan (R.O.C.)
Tel: (06) 281-2811 ext.53575; E-mail: chlee4@ms45.hinet.net

淋巴瘤患者做 18-FDG 正子斷層掃描時意外發現副甲狀腺有異常活性吸收之影像討論

朱秀蘭¹ 顏維徵¹ 游慧貞²

¹ 高雄醫學大學附設中和紀念醫院 核子醫學部

² 高雄醫學大學附設中和紀念醫院 影像醫學部

摘要

本次病例報告討論一位患有淋巴瘤之病患，因做 18F-FDG 正子斷層造影掃描檢查 (PET/CT)，發現在副甲狀腺處疑似有異常活性吸收。故建議安排病患接受核醫科 Tc-99m MIBI 副甲狀腺功能檢查，並進一步安排單光子電腦斷層 / 電腦斷層掃描術定位。藉由 SPECT/CT 的定位影像中，可以確認此異常吸收不是癌症轉移，而是副甲狀腺機能亢進所致。

關鍵詞：淋巴瘤，副甲狀腺功能亢進，單光子電腦斷層 / 電腦斷層，正子斷層造影

核醫技學誌 2023;20:51-54

前言

癌症病況有許多不同症狀，根據位置、癌症分期、是否轉移等，適用不同治療方針，且許多癌症初期，其細胞組織代謝活動變化會早於發生在解剖變化之前，這時可顯示細胞組織代謝變化的正子斷層造影就具有相當優勢。正子斷層造影能早期診斷癌症，對於已轉移的癌細胞可偵測原發性病灶、評估癌症分期及作出手術前之正確評估，追蹤後續治療效果和評估癌症復發情形。因此如果缺少正子斷層造影檢查，就無法精確分期進而幫助病患之後續治療方針 [1,2,3]。

正子斷層造影能夠有效檢查淋巴相關的病變，受檢人必須在靜脈中注射放射性同位素去氧葡萄糖後，其癌症細胞與發炎部位都會有所反應，原理為利用正常組織和惡性腫瘤組織對於去氧葡萄糖吸收及留存有不同程度之差異，造成癌症病變位置，將會顯示非常清晰，因而可協助臨床醫師有效率及正確之診斷癌症 [4,5]。

國內目前健保給付之正子斷層造影適應症，在腫瘤方面為包括淋巴瘤、黑色素癌、頭頸部癌 (不含腦瘤)、食道癌、甲狀腺癌、原發性肺癌、乳癌、大腸癌、直腸癌及子宮頸癌。

病例報告

男性患者因淋巴瘤來做正子斷層造影，惡性腫瘤細胞因為繁衍速度很快、能量需求大，在人體內代謝葡萄糖速度較正常細胞旺盛，正子斷層造影就是利用此特性，觀察人體組織或器官生理變化。此放射藥劑進入體內後 (如 18F-FDG 葡萄糖)，會聚集於葡萄糖代謝旺盛區域，影像顯示會異常明亮，一般即為惡性腫瘤細胞所在位置。

此案例為淋巴瘤第二期病患，故透過正子斷層掃描追蹤，可見其鼻腔中有淋巴瘤活性存在 (圖一)，另發現咽喉左側梨狀窩及咽旁間隙淋巴結部位皆有異常性吸收 (圖二及圖三)，且在副甲狀腺處亦有異常活性增加現象 (圖四)。查核病人資料後，發現此病人有洗腎病史，故懷疑在副甲狀腺吸收部分可能是副甲狀腺機能亢進造成，而非癌症轉移，因此建議安排病患接受核醫科 Tc-99m MIBI 副甲狀腺功能檢查，並進一步安排單光子電腦斷層 / 電腦斷層掃描術定位 [6,7]。藉由 SPECT/CT 的定位影像中，可以確認此異常吸收不是癌症轉移，而是副甲狀腺機能亢進導致有異常活性增加 (圖五)。

接受日期：2023 年 12 月 21 日
通訊作者：游慧貞
聯絡地址：高雄市三民區自由一路 100 號
電話：(07) 312-1101 ext.7721
電子郵件：l760192@yahoo.com.tw

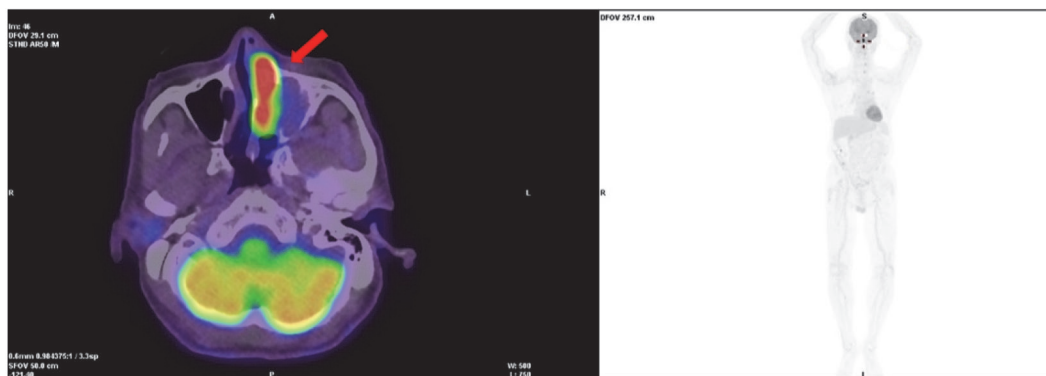


Figure 1. 在正子斷層造影中，發現分佈於鼻腔中的淋巴癌。

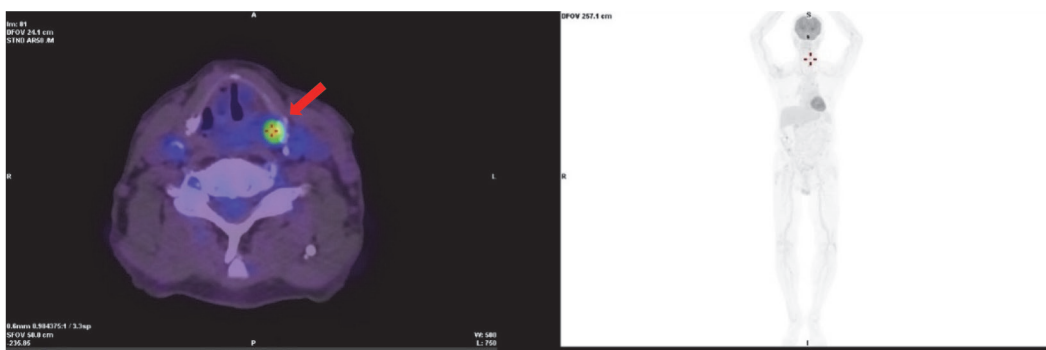


Figure 2. 在正子斷層造影中，發現咽喉左側梨狀窩對 18F-FDG 葡萄糖有異常活性吸收，懷疑為不明腫瘤增生。

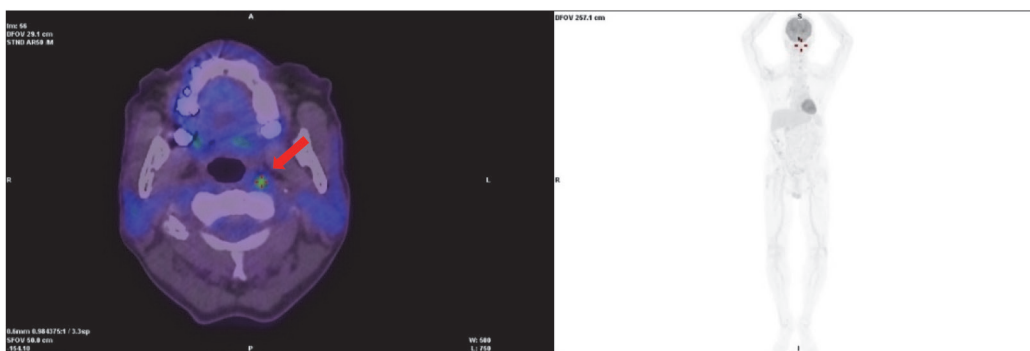


Figure 3. 在正子斷層造影中，發現咽旁間隙淋巴結對 18F-FDG 葡萄糖有異常活性吸收。

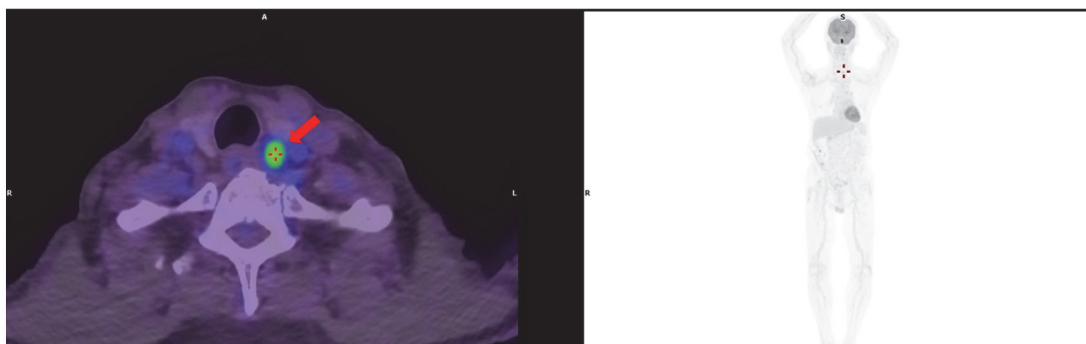


Figure 4. 在正子斷層造影中，發現左側副甲狀腺對 18F-FDG 葡萄糖有異常活性吸收。

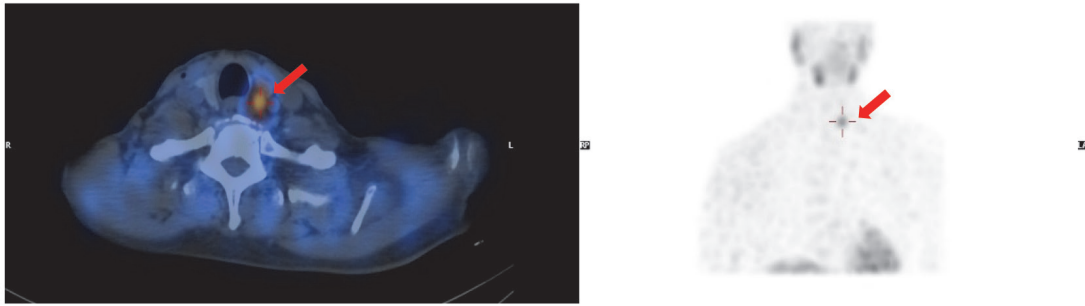


Figure 5. 在單光子電腦斷層掃描 / 電腦斷層 (Tc-99m MIBI SPECT/CT) 影像中，發現左側副甲狀腺機能亢進而有異常吸收。

結 論

對於洗腎的病患而言，當腎功能衰竭之情況下，體內多餘的磷質不能經腎臟排出體外，進而導致血液中的磷質偏多，而磷質的積存，會降低血液中的鈣濃度，因此為了調節此現象副甲狀腺素會逐漸升高，促使病人發生副甲狀腺機能亢進症，但許多得到副甲狀腺機能亢進症的洗腎病人是沒有太大臨床症狀，須靠定期檢查發現。本次病例之患者便是因正子斷層造影檢查而發現副甲狀腺區域有異常活性吸收，透過進一步的 Tc-99m MIBI 副甲狀腺功能檢查，協助確認患者實際狀況為洗腎導致之副甲狀腺機能亢進，並非惡性腫瘤轉移，可避免因正子斷層造影檢查而誤判其癌症分期，影響其治療方式。

參考文獻

1. 張樹廉 (2002)。PET/CT 斷層掃描儀臨床應用。加馬，(33)，47-49。
2. 陳遠光、高潘福 (2012)。FDG PET/CT 在癌症篩檢的應用。核子醫學雜誌，25(4)，226-235。
3. 李將瑄 (2017)。癌症檢查的新武器—PET 正子放射斷層儀。奇美醫訊，(117)，34-35。
4. 鄭安理 (1995)。惡性淋巴瘤。當代醫學，(264)，797-803。
5. 花大鈞、徐慶珩 (2021)。淋巴癌概論。台北市醫師公會會刊，65(4)，51-57。
6. Hetrakul N, Civelek AC, Stagg CA, Udelsman R. In vitro accumulation of technetium-99m-sestamibi in human parathyroid mitochondria. *Surgery* 2001;130:1011-1018.
7. Coakley AJ, Kettle AG, Wells CP, O'Doherty MJ, Collins RE. 99mTc sestamibi—a new agent for parathyroid imaging. *Nucl Med Commun* 1989;10:791-794.

Image Discussion on Incidental Parathyroid Uptake on 18-FDG PET/CT in Lymphoma Patient: A Case Report

Hsiu-Lan Chu¹, Wei-Jheng Yen¹, Hui-Chen Yu²

¹*Department of Nuclear Medicine, Kaohsiung Medical University Hospital,
Kaohsiung Medical University, Kaohsiung, Taiwan*

²*Department of Medical Imaging, Kaohsiung Medical University Hospital,
Kaohsiung Medical University, Kaohsiung, Taiwan*

Abstract

This case report discusses a patient with lymphoma who underwent 18-FDG positron emission tomography/computed tomography (PET/CT) scanning and was found to have a suspicious abnormal uptake in the parathyroid gland. It was recommended that the patient undergo Tc-99m MIBI parathyroid function test and further localization by single photon computed tomography/computed tomography (SPECT/CT). With SPECT/CT localization images, it was confirmed that the abnormal uptake was not cancer metastasis but due to parathyroid hyperfunctioning.

Key word: Lymphoma, Hyperparathyroidism, SPECT/CT, PET/CT

J Nucl Med Tech 2023;20:51-54

Received 2023/12/21
Corresponding author: Hui-Chen Yu
Hospital, Kaohsiung Medical University, Kaohsiung, Taiwan
Address: No.100, Tzyou 1st Road Kaohsiung 807, Taiwan
Tel: (07) 312-1101 ext.7721; E-mail: l760192@yahoo.com.tw

