

223

Radium

鐳 — 223

骨轉移標靶治療 輻射安全衛教建議

適用醫護專業人員教學

Radium
223

衛生福利部部長 序

惡性腫瘤高居國人十大死因的第一位，長久以來衛生福利部與全體醫療及公共衛生同仁並肩打拼，站在抗癌的第一線捍衛民眾的身心健康，並竭盡所能減少癌症對大眾生命的威脅。癌症防治除了預防醫學強調防癌與篩檢的重要性，持續提高惡性腫瘤診療品質也是衛福部推動的工作目標之一，核子醫學在癌病診療的角色十分重要，隨著新醫療科技提昇與發展，藉由核醫新藥物對腫瘤專一性的治療而達到精準醫學的境界，因此核醫診療能夠與手術、藥物及放射治療成為癌病多元治療的重要一環，其成效也大幅提昇癌病患者接受治療的意願，因此我們極其樂見核醫在精準醫療有此長足發展。

感謝核醫學學會編撰此書針對鐳-223骨轉移標靶治療提出相關建議及說明，作為我們一起抗癌作戰的醫護專業人員做為參考，書中對於鐳-223藥物用於惡性腫瘤骨轉移治療說明詳細，而且也對此一臨床首次使用阿爾法輻射作為癌病治療的輻射安全提出明確衛教，包括本人以及關切此核醫之嶄新治療法的同仁，咸信這本書一定能給大家提供相當的專業助益，尤其輻射醫療安全的衛教與管理能有所獲得，同時也呼籲國內致力核醫醫藥發展之相關產業能夠借鏡此書，持續推動核醫新藥開發，作為我們抗癌作戰的有力資源與後盾，讓醫護同仁以及民眾能夠享有更高品質而且有安全保障的核醫診療。

陳時中 部長

中華民國110年4月

原能會主委 序

核子醫學在醫療領域裡扮演的角色日趨重要。核醫是屬於生理層次的醫療技術提昇，與外科手術或體外放射治療對身體結構治療之屬性有別。隨著核醫藥物的發展，藥物對腫瘤專一性的技術提升追求，可望所攜之放射性核種藥物高度集中至腫瘤病灶來進行更精準治療，若再搭配核種的物理特性，甚至可同時進行治療與影像診斷，就臨床應用而言絕對是一大利器。鐳-223於骨轉移標靶治療，即是國內外臨床目前常見的一種核醫治療應用。而從國際文獻得知，核醫治療成效不僅有些可媲美外科手術或放射治療，也有大幅提昇病人生活品質的福音，因此核醫在精準放射醫療有其前瞻性。

身為輻射安全的主管機關，我很高興這本專門設計給醫護專業人員教學用的衛教建議書問世，這本書是針對鐳-223骨轉移標靶治療提出相關輻射安全衛教建議。在此，我要特別感謝中華民國核醫學學會專業作者群，感謝他們百忙中對這本書投入的貢獻，設計的衛教內容專業詳盡，包括：治療處置相關綜述、鐳-223藥物之認識、執行與醫務注意事項、對病人照護應有的輻射安全相關知識，以及實務常見的問題討論等，相信這本書一定能給予國內醫護同仁實質的幫助和專業依循，透過教學以提升對鐳-223骨轉移標靶治療及其輻射安全應有的認識與學習如何醫務照護管理，期使國人能在受惠於核醫治療成效之同時，也能維護醫護同仁以及民眾的輻射安全。

謝曉星 主任委員
中華民國110年4月

顏若芳理事長 / 諶鴻遠主委 序

「標靶放射核種藥物治療」是現代癌症治療的新趨勢，醫學上利用放射同位素結合具有標靶功能特性的核醫藥物，用之於治療特定疾病即是所謂的標靶放射核種藥物治療，用白話文來說就是利用藥物特性更精準地將輻射能量集中傳遞到腫瘤殺死癌細胞並且減少其他組織的傷害。40年代美國首次應用放射碘治療轉移性甲狀腺癌，藉此成功治癒轉移到肺部的甲狀腺腫瘤，迄今成為臨床甲狀腺癌重要治療處置方式，也是標靶放射核種藥物治療最佳例證。在放射碘治療後陸續有銻-89、釷-90、鐳-223等核醫藥物問世，其中鐳-223治療是國內現行標靶放射藥物治療增長最快的臨床應用，本文就其輻射安全觀點簡要提出相關衛教建議。

存在自然界的鐳主要同位素包括鐳-226及鐳-228。鐳-226是知名法籍波蘭裔科學家居里夫人所發現，她的鐳-226相關研究獲得諾貝爾獎，也開啟了後世對放射性相關的研究。目前臨床應用的鐳-223不同於鐳-226最大差異在於其半衰期相對較短且為人造之放射同位素，作為標靶治療的主要適應症為晚期攝護腺癌合併骨轉移，而鐳-223也是臨床首次以 α 放射性治療惡性腫瘤之應用，在癌症總是高居十大死因的第一位的時代，嶄新的 α 放射核種治療不啻為抗癌的另一道曙光。一般民眾在談輻色變的年代，對於接受放射同位素治療難免因為陌生而產生恐懼或疑惑，希望藉此介紹鐳-223標靶放射核種藥物治療之輻射應用與安全衛教資訊。

顏若芳 理事長 (中華民國核醫學學會)

諶鴻遠 主委 (中華民國核醫學學會同位素治療委員會)

前言

鐳-223 骨轉移標靶治療輻射安全管理實務與衛教建議

標靶核種治療(targeted radionuclide therapy)在惡性腫瘤的應用方興未艾，有別於過去行之有年的碘-131 治療於甲狀腺癌，鐳-223於骨轉移病灶是近來熱門且臨床使用量快速成長的標靶核種治療之一。本文內容著重在鐳-223於骨轉移病灶治療其輻射安全相關衛教之探討，除蒐整國外相關衛教之資訊，並彙整國內醫療院所及相關專業醫護暨同仁之意見，期使能夠在未來詮釋或落實相關法規(游離輻射防護法、游離輻射防護安全標準、游離輻射防護法施行細則等規範)於標靶核種治療時，可以提供醫療執行單位及接受標靶核種治療之病患與家屬及照護者有明確或方便之輻射安全管理之依據。

1

第一章 鐳-223 骨轉移標靶治療綜述—— P.5-8

- 📖 鐳-223 骨轉移標靶治療適應症
- 📖 鐳-223 骨轉移標靶治療執行方式
- 📖 鐳-223 骨轉移標靶治療禁忌、風險與副作用

2

第二章 鐳-223 骨轉移藥物與治療程序概述—— P.9-12

- 📖 鐳-223 藥物放射物理特點與其經靜脈注射後體內生物分佈
- 📖 鐳-223 藥物輻射劑量學
- 📖 鐳-223 藥物產製資訊與醫療院所之鐳-223藥物施用

3

第三章 鐳-223 標靶藥物骨轉移治療執行與醫務注意事項—— P.13-16

- 📖 鐳-223 標靶藥物骨轉移治療醫療人員輻射安全原則
- 📖 鐳-223 藥物注射實施過程注意事項
- 📖 醫療院所之鐳-223 骨轉移標靶治療設施
- 📖 鐳-223 骨轉移標靶治療醫務及輻射安全監測
- 📖 鐳-223 骨轉移標靶治療廢棄物

4

第四章 鐳-223 骨轉移標靶治療之病人照護—— P.17-22

- 📖 病患準備工作與教育
- 📖 鐳-223 施藥後之照護
- 📖 照護者與公眾之輻射安全
- 📖 鐳-223 骨轉移標靶治療之輻射安全相關實務(常見問題與討論)

5

結論—— P.23

- 📖 參考文獻
- 📖 作者、編審專家及顧問

第一章

鐳-223骨轉移標靶治療綜述

由於鐳與鈣同屬於鹼土族金屬，因此具有類似的化學性質，注射到生物體後主要分布於骨骼，尤其是骨骼鈣離子代謝旺盛的區域。目前鐳-223 在醫療的使用為治療轉移性骨病灶，由於其 α 放射性的特質，鐳-223 對於標靶區域的殺傷力極強，但穿透力又不超過 10 個細胞的厚度，因此對標靶區域以外的輻射副作用相對較低 (1)。



鐳-223骨轉移標靶治療適應症

鐳-223 在所有專一治療攝護腺癌骨轉移的藥物中，是目前唯一被證明能夠延長攝護腺癌病人整體存活 (overall survival) 時間的藥物 (2)。鐳-223 藥物為靜脈注射放射性製劑，在2013年5月取得美國食藥署 (FDA 的藥物核准，使用於治療有症狀的去勢療法抗性攝護腺癌，且未有其他器官轉移情況下的骨轉移，台灣食藥署也在2015年6月核准此藥物在本國的使用 (其適應症為治療去勢抗性攝護腺癌 (castration resistant prostate cancer) 病患，其合併有症狀的骨轉移且尚未有臟器轉移者，且病人須合併有症狀之骨轉移。



鐳-223骨轉移標靶治療執行方式

目前可使用之鐳-223 藥物 (化學成分：[223Ra] Radium Dichloride) 為靜脈注射放射性製劑，治療劑量為每公斤體重給予55千貝克的放射活度，治療方式為緩慢靜脈注射，約一分鐘，注射前必須確認靜脈輸

注管及導管無洩漏狀況，並先以生理食鹽水沖洗管路做為測試，注射完藥物後也必須再以生理食鹽水沖洗靜脈輸注管及導管。由於鐳-223可能產生骨髓抑制的副作用，因此必須在基期(首次治療前1週內)以及每次注射前評估血球狀況，仿單建議在第一次治療前絕對嗜中性白血球計數應大於等於 $1.5 \times 10^9/L$ ，血小板計數應大於等於 $100 \times 10^9/L$ ，且血紅素應大於等於 10.0 g/dL 。其後每一次治療前，絕對嗜中性白血球計數應大於等於 $1.0 \times 10^9/L$ ，血小板計數應大於等於 $50 \times 10^9/L$ 。若最近一次治療後六週血球狀況經過標準治療照護仍無法恢復至上述情況以上，則只有在臨床醫師仔細評估效益/風險後才應繼續鐳-223 治療。對於治療前或中給於輸血或者併用白血球生長激素 G-CSF 的可行性需依病患狀況進行評估。



鐳-223骨轉移標靶治療禁忌、治療前風險評估與治療後可能之副作用

(一) 禁忌症：目前沒有已知的禁忌症，但有以下之特殊警語與使用注意事項

1. 對於 Karnofsky score < 50% 或 ECOG performance status >2 的病人，應考慮住院進行治療
2. 骨髓功能不良者應小心評估，如低於下列標準，需在仔細評估效益/風險後才應繼續鐳-223 治療：
 - 第一次注射治療前：
 - 絕對嗜中性球數 Absolute neutrophil count, ANC : < $1.5 \times 10^9/L$
 - 血小板 < $100 \times 10^9/L$
 - 血紅素 < 10.0 g/dL
 - 第二次注射治療前：
 - 絕對嗜中性球數 Absolute neutrophil count, ANC : < $1.0 \times 10^9/L$
 - 血小板 < $50 \times 10^9/L$

註：目前沒有鐳-223 使用於18歲以下的青少年或兒童的安全性或療效資料，但目前鐳-223 也尚無在兒童族群的相關適應症。

(二) 治療前風險評估：以下幾種臨床情況需要評估鐳-223治療是否會造成不當之副作用

1. 骨髓毒性副作用：由於鐳-223 治療會有造血功能不良風險，曾經接受過化療、體外放射線治療、瀰漫性骨轉移(骨骼掃描呈現“superscan”)病人的血液相關副作用風險，例如白血球或血小板低下症，因此治療前必須謹慎評估，並且在治療後密切追蹤骨髓毒性副作用狀況。
2. 發炎性腸道疾病：目前雖無針對鐳-223 治療在原本或曾經罹患發炎性腸道疾病(如克隆氏症 Crohn's disease)患者的安全性及療效研究，但由於鐳-223 主要經藉由大腸隨著糞便排出體外(4,5)，在此類疾病患者的治療是否會因此受到影響並無定論，但仍需非常仔細評估對病人的利弊後再考慮進行治療，並且在治療後密切追蹤腸道副作用狀況(例如排便情形或腹部不適之狀況)。
3. 慢性便秘：由於鐳-223 主要經由糞便排出體外，原本患有便秘的患者(例如使用嗎啡類止痛藥的副作用)預期可能會有稍高的腸道輻射曝露量，但便秘絕非鐳-223 治療的禁忌症。是否考慮軟便或瀉劑以減少腸道輻射曝露量值得進一步研究。
4. 壓迫性骨折併脊髓壓迫：鐳-223 在尚未痊癒之骨折病患者是否會影響癒合並無定論，若病人可能會或是已經產生壓迫性骨折且脊髓壓迫，在開始或繼續鐳-223 治療前，應針對脊髓壓迫進行臨床必須的標準照護。若病人有需要骨科手術介入處置的骨折，應在開始或繼續鐳-223治療前進行手術。至骨折狀況穩定狀況一般而言需要6至10週的休養，但是最佳的時間點應參考放射線影像評估(6)。
5. 下頷骨壞死：骨轉移病患接受雙磷酸鹽的病人曾經報告發生下頷骨壞死的風險提高，尤其曾接受過化學治療者。而併用鐳-223 治療是否會增加下頷骨壞死發生的風險無法排除。

6. 輻射相關繼發性癌症：鐳-223 治療涉及到受治療者輻射劑量的累積，因此輻射引發之相關繼發性癌症的風險可能需要考量，尤其是骨肉瘤(osteosarcoma)、骨髓增生異常(myelodysplastic syndrome)、白血病(leukemia)等，但在之前臨床試驗結束後追蹤的三年期間並無相關案例報告。此外輻射相關繼發性癌症的風險在75歲以上的人較不顯著。
7. 鈉離子攝取過量：鐳-223 製劑含有至多54mg (2.35 mmol)的鈉離子，因此若病人有限鹽飲食需求時，必須要考量鐳-223 治療所帶進的含鈉量，必要時應由腎臟科醫師或營養師評估病人狀況。

(三) 副作用：主要依據第三期臨床試驗及過去文獻的報告

1. 腸胃系統常見副作用(發生率 >10%)：腹瀉、噁心、嘔吐
2. 血液常見副作用(發生率 >10%)：貧血、淋巴球低下症、白血球低下症、血小板低下症、嗜中性球低下症，其中最嚴重者為第三到四級(Common Terminology Criteria for Adverse Events, CTCAE Version) 的血小板或中性球低下症。
3. 其他常見副作用(發生率 >10%)：末梢水腫
4. 少見副作用(<5%)：腎功能指數升高、全血球低下症、脫水、注射處局部反應(紅、腫、痛)、再生性不良貧血、同時接受雙磷酸鹽及鐳-223 治療的病人中發生的下頷骨壞死(osteonecrosis of the jaw, ONJ)
5. 續發性癌症或惡性血液疾病風險，如骨肉瘤、骨髓增生不良症候群、白血病等。但在第三期臨床試驗的追蹤報告中並無發現鐳-223 引發惡性腫瘤的個案。

第二章

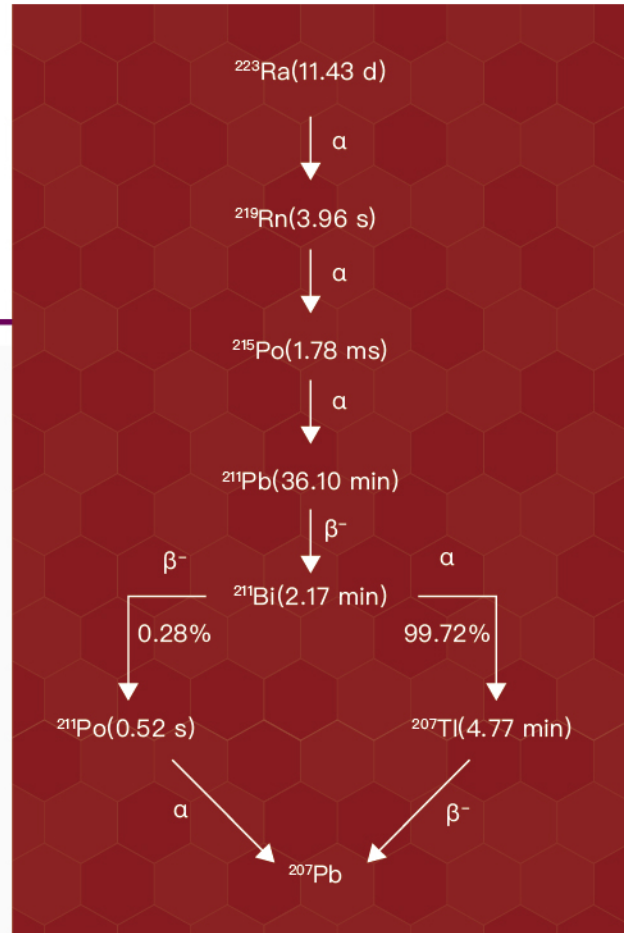
鐳-223骨轉移藥物 與治療程序概述



鐳-223藥物放射物理特點 與其經靜脈注射後體內生物 分佈

鐳-223 是經由銻-227 (actinium-227, Ac-227) 孳生器所製造出來。在孳生器中，銻-227 經由 β 衰變成為釷-227 (thorium 227, Th-227)，釷-227 再經 α 衰變成為鐳-223。鐳-223 是一個以 α 衰變為主的放射性同位素，半衰期為 11.43 天。衰變的過程中約 95.3% 的能量是以四個 α 粒子射線釋出，其 α 能量介於 5~7.5MeV 之間。剩餘約 5% 的能量則是以 β (3.6%, 0.445MeV~0.492MeV) 和 γ ray (1.1%, 0.01MeV~1.27MeV) 的形式釋出。總共經過六個階段的衰變，詳如上圖：

子核種包括氡-219 (radon-219, Rn-219)、釷-215 (polonium-215, Po-215)、鉛-211 (lead-211, Pb-211)、鉍-211 (bismuth-211, Bi-211)、銻-207 (thallium-207, Tl-207)，最終成為穩定的鉛-207 (lead-207, Pb-207)。子核種的半衰期皆非常短，介於 1.78 毫秒至 5 分鐘 [如上圖]。



圖：鐳-223衰變圖
(Decay scheme for Radium-223)(7)

Nuclide	Half-life	Decay mode	Emitted energy (MeV nt ⁻¹)			
			Alpha	Electron	Photon	Total
²²³ Ra	11.4d	Alpha	5.7702	0.0781	0.1413	5.9895
²¹⁹ Rn	3.96 s	Alpha	6.8801	0.0068	0.0586	6.9456
²¹⁵ Po	1.781E-3 s	Alpha	7.5261	<E-04	0.0002	7.5263
²¹¹ Pb	36.1 m	Beta	-	0.4543	0.0644	0.5187
²¹¹ Bi	2.14 m	Alpha/Beta	6.6757	0.0100	0.0473	6.7330
²⁰⁷ Tl (0.997)	4.77 m	Beta	-	0.4952	0.0024	0.4975
²¹¹ Po (0.003)	0.516 s	Alpha	7.5860	0.0002	0.0082	7.5944
²⁰⁷ Pb		Stable				

表：鐳-223及子核種放射特徵

鐳-223 藥物經靜脈注射於人體分佈及代謝經研究顯示，注射鐳-223 藥物後 24-48 小時，大約有 85% 的藥物停留在人體內，到了第 6-8 天，平均可降至 22%-30%，然而個體之間的差異相當大，少則可至10%，多則可能超過 90% (8-10)。鐳-223 注射後在血液中的清除速度相當快，注射後 4 小時血液中僅剩約 2% 的注射劑量，到了 24 小時更低於 1% 以下 (4,5,10)。

鐳-223 於骨骼分布的位置主要是在骨皮質區，尤其是成骨作用旺盛的區域，骨皮質吸收的藥物量約為骨髓吸收量的 10.3 倍 (4,11,12)。經由靜脈注射至人體後，鐳-223 很快地就會分布到骨骼系統，在注射後 2 小時及 4 小時，分別約有 52% (41%-57%)(9)及 61% (51%-71%)(5)的劑量被骨骼吸收。

鐳-223 主要經由腸道系統代謝，在 48 小時內，平均約有 11.5-13% 以糞便的型態排出體外。同時間僅有非常少量 (約2%) 的藥物經由尿液代謝 (5,9)。鐳-223 在腸胃道的代謝需時較久，個體間差異也較大。一般而言，藥物注射 4-6 小時後，大約有 40%(21%-85%) 的藥物進入腸胃道。48 小時後僅剩不到 30% 的藥物停留在腸道系統中。72 小時後藥物基本上都已經排出小腸，且僅剩約 20% 的藥物還留滯在大腸。到了一周後，只剩小於10% 藥物仍殘餘在大腸內 (5,8,10)。



鐳-223 藥物輻射劑量學

對於接受鐳-223 藥物治療的病患，骨表面 (bone surface) 是接受輻射劑量最多的器官，過去文獻報告在使用 50 kBq/kg 體重 (目前已校正為 55kBq/kg) 治療劑量的狀況下，Bruland 等學者依據 ICRP 第 67 號報告中的模型估算出輻射等效劑量約為 13.05 Sv，其餘器官的等效劑量皆小於 0.065 Sv (11,12)。另根據 Chittenden 等學者則利用 ICRP 第 100 號報告中的模型以及鐳-223 藥物仿單資料，估算六位病人治療後骨骼系統平均等價劑量，結果顯示骨表面接受來自 α 射線劑量 5,378 ~1140 mGy /MBq，以及來自 β 射線的劑量 15~ 21 mGy/MBq，而骨髓的劑量則為 α 射線 108~132 mGy/MBq，加上 β 射線 6.5~9 mGy/MBq，而骨髓劑量皆來自於骨表面劑量的影響，非源自於血液中鐳-223 的貢獻。腸道劑量基本上皆為 β 射線劑量，各段腸道位置劑量不等，平均介於 0.7~61 mGy/MBq，小腸最少，下段大腸接受劑量為最多 (13-16)，其餘器官劑量皆非常低。



鐳-223 藥物產製資訊(由鐳-223 藥物產製商提供 (13))與醫療院所之鐳-223藥物施用

鐳-223 放射性藥物製劑目前是以調製完成可直接使用的注射藥液型態供應，包含了 6mL 的氯化鐳-223 放射性藥物製劑，裝於 11mL 容量的塑膠瓶內，放置於鉛罐中，架儲期 (shelf life) 為 28 天。藥物於醫療院所接收方面，首先鐳-223 藥物製劑必須由已登記的合格單位及人員接收，存置於合乎輻射防護法規設計並有主管機關認證合格的熱核室中操作。鐳-223 藥物施用前準備操作人員(通常為核醫藥師)須執行放射活度校正與計量，由於鐳-223 放射性藥物製劑衰變過程中會釋放出的少量 γ 射線，因此可用於進行藥物活度計量。使用之計量校正器可先使用產製商所提供之校正射源校正後，方得進行鐳-223 藥劑活度計量。

產製商所供應之鐳-223藥物製劑是一個已經調製完成的製劑，操作過程不得稀釋或加入其他溶液。每一瓶藥物僅供單次操作。鐳-223 藥物製劑的儲放應符合本國游離輻射防護法之規定，儲存於室溫中 (低於攝氏40度)。鐳-223 藥物製劑必須在合乎輻射防護法規設計並有主

管機關認證合格可處理 α 放射性物質的輻射作業場所，由已登記的合格單位及人員接收、操作及執行注射治療。操作人員必須同時具備輻射安全、藥劑安全的認證，必須採取適當的無菌操作措施。

鐳-223 藥物子核種：氡-219 氣體 (radon-219, Rn-219) 半衰期僅 3.96 秒，且氡-219 由溶液中擴散時間遠比物理半衰期長，氣體逸出溶液可能性極低，因此鐳-223 製劑的抽取並非一定要在抽氣櫃中進行。建議在注射針筒外加上適當屏蔽，可以是鉛玻璃、鎢料或鉛料屏蔽。操作過程可使用鉗子或鑷子以減少手部劑量，但是必須考量此操作法可能有較高的針筒掉落的風險。

開始操作前應直接目視檢查針劑原瓶，確認藥劑澄清無色，一旦有任何異狀則必須停止馬上使用該藥劑。

鐳-223 藥物施用前須計算施予劑量藥物施予劑量是依據病人體重來計算，計算方式為每公斤給予 55 千貝克 (kBq 的活度，亦即給予之總劑量 kBq) = 病人體重 (kg) \times 55 (kBq/kg)。目前鐳-223 放射性藥物製劑的參考日活度為 1100 kBq / mL，參考日期會標示在藥罐以及鉛罐外。抽取藥物時應參考連同仿單一起附上的活度校正表，依照實際抽藥時間校正藥物的體積活度，抽取需要的總活度。

1. 針對高齡、肝功能異常的病人，依照目前研究資料並無調整劑量的需要。
2. 針對腎功能輕微異常 (creatinine clearance : 50~80mL/min) 的病人，依現有的研究結果看來，鐳-223 治療的療效與安全性與腎功能正常者並無差異，但是目前並沒有充分的研究資訊可以了解此治療在腎功能中至重度異常患者的結果。由於鐳-223 在人體主要是經由糞便排出，在尿液中的排泄量相對而言幾乎可以忽略，可以推論腎功能異常應不至影響鐳-223 的代謝過程，因此治療劑量也不須因腎功能異常做調整。而鐳-223 治療在洗腎病人的療效與安全性目前缺乏足夠之經驗或實證報告。臨床實務上會建議在血液透析的時間點應盡量安排於藥物注射 24 小時以後，因為此時血液中僅剩不到 1% 的藥物活度。研究顯示透析液中會測得殘留的藥物活度，在第三次洗腎後 (藥物注射 6 天後)，平均活度濃度便會低於放射性廢棄物的排放限制 (德國法規限制：500Bq/L)。(17) 基於輻射防護的考量，有血液透析需求的治療病人應在腎臟專科以及核子醫學專科醫師密切的合作監控下進行。

第三章

鐳-223標靶藥物骨轉移治療 操作及注意事項



鐳-223 標靶藥物骨轉移治療醫療人員輻射安全原則

參與鐳-223 治療的臨床醫師必須充分了解及遵守本國及所屬機構的輻射相關法規規範。負責治療的醫師(核醫專科醫師)應了解治療疾病的病理特性、病人病史、與本疾病相關的其他治療方式，並與治療團隊能密切連絡討論處置。負責鐳-223 治療的醫師應與原臨床照護之醫師共同負責包含治療後續的照顧、追蹤、與轉介醫師及其他治療相關醫師的協調合作。核子醫學科專科醫師通常接受泌尿專科或腫瘤相關臨床醫師轉介病患鐳-223 治療，治療前需再次確認計畫接受鐳-223 骨轉移標靶治療病人的是否真正符合治療適應症，並在治療前應與病人說明及討論此治療的技術及臨床層面議題。也應確保病人能持續長期追蹤，以利觀察此治療是否有潛在的長期副作用。

目前核可之鐳-223 骨轉移標靶治療，依照原臨床試驗設計係採用患者體重計算施予放射活度的標準化的治療模式(通常不需要照會醫學物理專家估算或測計病灶吸收劑量，但未來是否可能依病灶嚴重度與吸收情形設計為吸收劑量模式之治療值得進一步觀察)。鐳-223 藥物為靜脈注射製劑，操作的過程需要由輻射工作人員在依據輻射相關法規設計的醫療設施場所內執行。操作的過程有許多注意事項包含輻射安全，注意內容如減少工作人員手部劑量、無菌操作、避免放射性藥劑體內污染與輻射濺灑引起污染環境等(18)。

根據「游離輻射防護法」第 31 條規定，「操作放射性物質或可發生游離輻射設備之人員，應受主管機關指定之訓練，並領有輻射安全證書或執照。但領有輻射相關執業執照經主管機關認可者或基於教學需要在合格人員指導下從事操作訓練者，不在此限」，而其中所謂「輻射相關執業執照」，依據「放射性物質或可發生游離輻射設備操作人員管理辦法」第 2 條解釋，包含放射線科、核子醫學科專科醫師執業執照、依醫事放射師法核發之執業執照、輻射防護人員認可證

書，以及依法核發之運轉人員證書。放射性廢棄物處理相關法規需參考游離輻射防護安全標準、一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法。



鐳-223 藥物注射實施過程注意事項

鐳-223 給藥方式為緩慢靜脈注射，一般而言，注射時間應超過一分鐘。建議使用靜脈留置針或中央靜脈導管進行藥物注射，較可確保藥劑無外滲之虞，並且再注射藥物的前、後皆應以生理食鹽水沖洗建置的靜脈針具管道，建議配合使用三通活栓 (three way stopcock)。注射過程中只要有任任何藥物滲漏出血管的疑慮時都要馬上停止注射，確認的方式可考慮測量注射局部的放射活度，或是使用伽瑪攝影機局部造影。目前僅有一病例報告在藥物滲漏出血管 4 個月後於注射處發現有皮膚鱗狀細胞癌 (19)。雖然至今沒有再發現藥物滲漏出血管造成嚴重傷害的相關報告，但滲漏仍有可能造成嚴重的傷害，例如局部潰爛。如果發生藥物滲漏出血管的情況時，可考慮盡可能回抽出組織內的殘餘漏藥、局部熱敷、抬高注射肢體、輕柔按摩注射肢體處，以促進被淋巴系統吸收及回流體循環 (20)。一旦有發現任何藥物滲漏出血管的相關副作用都必須以書面記錄。

注射桌面或接觸面應墊以吸水或防水材質的防污墊，以利藥劑外漏污染時可執行完整的除污作業。注射後應針對注射空間以及人員對進行污染偵測，偵測儀器應為可區辨 α 、 β 、 γ 不同射源的輻射偵檢器。注射鐳-223 對工作人員產生的體外輻射曝 暴露一般而言遠小於注射其他核醫檢查用藥物，然執行過程仍應採取所有輻射處置應遵守的“ALARA”原則，並避免攝入鐳-223 污染物的可能性，因為鐳-223在人體內產生生物效應為不可忽略的。若發生藥劑外漏污染作業環境，可用 0.01 M 乙二胺四乙酸 (EDTA; ethylenediaminetetraacetic acid) 溶液除污。若發生疑似人員攝入鐳-223 污染物，應採取偵測措施，如糞便輻射值計數、伽瑪攝影機全身造影等方式以確認體內污染情況。



醫療院所之鐳-223骨轉移標靶治療設施

- 注射室輻射作業場所應依游離輻射防護法及相關法規之規定向主管機關進行申請報備。
- 輻射偵檢器建議使用可偵測 α 、 β 、 γ 不同射源的輻射偵檢器做為環境污染偵測或其他相關用途。



鐳-223骨轉移標靶治療醫務及輻射安全監測

鐳-223 骨轉移標靶治療完整療程為六次注射，每四週 1 次，進行鐳-223 注射前後皆須由核子醫學專科醫師評估，確認病人可以繼續接受此治療，重點在於臨床狀態及副作用的監測。大部分的病人在下次注射前 10 日以內需進行全血球計數抽血檢查，如果病人治療過程中疑似有骨髓功能異常的情況，則可以考慮更頻繁的血球計數檢測，一般而言在注射鐳-223 治療後第 2~3 週可能到達血球數最低點這時抽血檢查以協助考慮是否要調整治療時間或在治療前進行其他處置。若治療後 6~8 週後病人的血球數仍無法恢復至需求標準，則必須非常謹慎的評估是否適合繼續進行鐳-223 治療。

攝護腺癌骨轉移病患在鐳-223 骨轉移標靶治療治療過程中的攝護腺抗原 (PSA) 指數變化各異，因此檢驗血液 PSA 並不是一個鐳-223 骨轉移標靶治療治療效果的指標，臨床實務上也不會依據 PSA 的變化來決定是否繼續鐳-223 治療。治療過程中血清的鹼性磷脂酵素 (Alkaline Phosphatase, ALP) 指數有時會下降，雖然其可能是鐳-223 之作用降低骨骼代謝運轉 (turnover)，間接意涵著骨病灶因鐳-223 治療而受到控制，但沒有實證指出臨床可使用 ALP 做為生物指標來做治療的調整依據。此外目前並無實證指出有任何指標性影像檢查可以在六次注射療程中判斷鐳-223 骨轉移標靶治療的反應，因此包含骨骼掃描及上述抽血檢查，甚或骨疼痛的症狀是否緩解在六次注射療程結束前皆不能準確反映治療效果，因此通常不以任何一項檢查結果不如預期而終止治療，應盡可能使病人完成五至六針，延長存活期。病人的疼痛症狀在治療後經常可以迅速有效的緩解，但並不是每一個人都可以有這樣的效果，因此不能將疼痛改善的程度當作判斷存活改善

的指標。為了確保攝護腺癌骨轉移病患能在鐳-223 骨轉移標靶治療 中獲得最大的存活改善期，建議須盡量完成標準的六次劑量。整體而言，鐳-223 治療期間之抽血檢驗或影像檢查無法用於療效評估，但如果病人在治療後整體狀況急遽惡化，這時會建議進行必要的檢驗及影像檢查，進一步謹慎衡量繼續治療的好處及風險，再決定是否繼續治療。

依據歐洲核醫學會治療指引，治療中期評估的合理時間點應為第四次治療前 (6)，但須注意目前所有檢驗及影像檢查都不足以作為療效的指標。當評估後有明確的事實懷疑疾病惡化時，應謹慎衡量繼續治療的好處及風險，再決定是否繼續治療。鐳-223 治療藥物並無解毒劑。治療造成的副作用，如噁心、嘔吐、腹瀉等，應採取症狀治療以及支持性療法。



鐳-223骨轉移標靶治療廢棄物

鐳-223 骨轉移標靶治療廢棄物包含藥物空罐、操作過程使用的耗材、未使用完的藥物等等。以上廢棄物的處理含暫時儲存與棄置應由執行治療院所妥善規畫，必須要能符合游離輻射防護法。由於鐳-223 放射性藥劑含有長半衰期的放射性雜質如釷 227 (thorium-227 , Th-227 ; half-life = 18.7日)，以及極其微量的錒-227 (actinium-227 , Ac-227 ; half-life =21.8 年)，此兩項雜質是否需要較為特殊的放射性廢棄物處置，須進一步探討。

第四章

鐳-223骨轉移標靶治療之病患照護



鐳-223 病患準備工作與教育

核醫專科醫師及團隊需確認病人基本資訊(如：年齡、體重)與臨床資訊，包括確認為去勢療法抗性攝護腺癌、確認有因攝護腺癌引發的症狀如疼痛、確認無骨骼以外其他臟器轉移(三個月以內的檢查結果為佳)、確認影像學(骨掃描、骨骼正子檢查)可見的 ≥ 2 處骨轉移(一個月以內的檢查結果為佳)、確認血球狀況適合治療(1~2週以內的檢查結果為佳)、其他資訊(如：Karnofsky score or ECOG performance status)過去治療史如化療、體外放射線治療等，以及現在使用的藥物)。

治療前應予病人口頭以及書面衛教，內容應包含治療副作用、輻射安全議題，在完成說明後應簽署書面同意書。書面說明應包括輻射防護執行方式，尤其教育以良好的衛生習慣減少污染產生，以確保病人照護者免於接受到不必要的輻射曝露。病人接受治療後若有國際旅遊的可能，應給予治療資訊卡以供通過海關時可能檢驗的說明或是有意外發生需要醫療處置時的參考。



鐳-223 施藥後之照護

病人接受治療後，應觀察是否有立即產生的副作用，如注射局部反應，以及有無其他醫療需求。如懷疑藥劑在注射過程中有滲漏或是需監測確認藥物體內分布情況時，可考慮進行造影(21)，鐳-223釋放出的 γ 射線能量介於12~338keV，佔比最高為81~84keV的能量射線。能量窗設定在82keV以及20%窗寬，應可符合大部分的造影需求，全身造影一般會需要30分鐘或更久(5,22,23)。

最後一劑藥物注射後應定期追蹤血球狀況，最初一年每3個月一次，之後則每6個月一次，並且根據臨床症狀、疾病持續時間、腫瘤

生物學和先前病程狀況，定期追蹤影像檢查（最後一劑藥物注射後 3 個月內一次，而後則每半年或一年一次）、生物指標及臨床追蹤（剛開始 3-6 個月一次，而後則每年一次）(6)。

若病人於藥物注射後短期內有需要接受侵入性手術，手術時所採集的標本或檢體、手術器械及外科手套等廢棄物，需進行輻射監測及管理。有文獻報導病人於藥物注射 4 天後接受股骨骨折手術，手術時所採集的骨頭標本有測出少量藥物活度，血液檢體、手術器械及人員手部則無污染之虞 (24)。病人於藥物注射後短期內身故如採取土葬，輻射安全方面並無限制，但若要解剖、防腐或火葬處理是否有污染之虞，則需進一步探討，目前合理建議應輻射監測及管理 (25)。



照護者與公眾之輻射安全

鐳-223 是第一個 α 治療的藥物，因此在輻射安全上可以說是一項全新的議題。主要可分為兩個面向：一為不穿透人體的 α 及 β 射線，著重於避免他人體內污染。二為可穿透人體的 γ 及 X 射線，著重於避免對他人的體外曝露。對於 α 及 β 射線，鐳-223 的代謝途徑主要為經由腸道系統排出體外，極少量可能經由尿液排出。因此避免攝入治療者的排泄物為防治體內污染的措施。其餘如唾液及汗液等代謝物，也有研究探討其放射性，目前所知結果是幾乎可以忽略的 (26)。至於 γ 及 X 射線鐳-223 的衰變過程中會釋放出非常少量的 γ 及 X 射線，其能階為 12~338keV 不等，由於大部分的射線不是能量太低就是半衰期極短而無測量，最終可以被測量量化的能峰大概僅有以下少數：81 keV (15.2%)、84 keV (25.1%)、95 keV (11.5%)、154 keV (5.7%) 及 270 keV (13.9%)(23)，這些可測量的 γ 射線目前可用來做藥物劑量的校正及污染的測定。現有研究結果顯示，一罐標準劑量藥物 (6000kBq) 在不加屏蔽的狀況下，其一公尺曝露率約為 0.17 μ Sv/hr 而以一位 60 公斤的病人為例，接受藥物注射後立即偵測的一公尺體外曝露率僅約為 0.06 μ Sv/hr (27,28)。以上曝露率於理論上皆不可能對於工作人員或一般民眾造成超過年劑量限度 (1 mSv) 的累積輻射曝露。



鐳-223 骨轉移標靶治療之輻射安全相關實務常見問題與討論

Q1. 鐳-223 骨轉移標靶治療操作人員是否需要特別之輻射安全措施？

A1. 操作人員曝露劑量之監測是必要的，但注射時穿戴鉛衣圍裙等防止輻射曝露裝備或是注射時使用鉛屏蔽並非必要。建議使用雙層手套、口罩等簡易型防護裝備，至於 PPE 防護衣與防護面罩等防止輻射汙染之個人用裝備並非必要。

Q2. 鐳-223 骨轉移標靶治療前需評估患者哪些項目，以增強輻射安全之管理？

A2. 可考慮評估患者大小便自理能力、大小便順暢情形、個人衛生維持能力沐浴自理、有無特定之共病或目前正在進行之治療如透析、是否有傷口癒合不良情形或最近之骨折。

Q3. 鐳-223 骨轉移標靶治療病患於接受治療後有無輻射曝露他人之劑量限制？

A3. 一般而言無劑量限制，但對於孕婦及嬰幼兒可考慮進行劑量估算以幫助決定是否應設定限制。

Q4. 鐳-223 骨轉移標靶治療病患於接受治療程序後排泄物(糞便、尿液) 是否有污染之考慮? 是否需要針對輻射污染之自主管理如果考慮有污染之虞需要管理之時效多久?

A4. 因其劑量甚低，建議排入馬桶中多沖幾次就可以，但針對無法自理者或失禁者必須特殊處理例如尿布應妥善棄置，管理之時效至少 1 週。

Q5. 鐳-223 骨轉移標靶治療後病患之唾液或皮膚毛髮是否有污染之考慮，是否需要輻射污染之管理如果考慮有污染之虞需要管理之時效多久?

A5. 因劑量甚低，建議注意個人沐浴及衛生但應禁止至公眾浴池或泡湯。有關個人衣物洗滌，可考慮（並非絕對必要）與家人或其他人衣物分開，可考慮（並非絕對必要）個人飲食與家人或朋友分開，管理之時效少於 1 週。

Q6. 鐳-223 骨轉移標靶治療後病患是否可與性伴侶有親密行為如果考慮有污染之虞需要管理之時效多久?

A6. 與性伴侶有親密行為並非完全無限制，雖允許性行為，但建議於治療期間，及治療後 6 個月內，需穿戴安全套且需避孕；不宜親吻以避免唾液造成汙染，管理之時效少於 1 週。

Q7. 鐳-223 骨轉移標靶治療後病患因醫療需要而進行身體血液，尿液或體液採檢，檢體是否需特別處置處理檢體人員之操作是否需考慮輻射防護之處理？如果考慮有污染之虞需要管理之時效多久？

A7. 治療後病患短期內身體血液，尿液或體液可能含有鐳-223 其劑量可能極低，但並非完全不需要注意，其檢體可能需要標記輻射警示（明示或暗示）且檢體需密封防濺灑之處理，至於檢體運送及存放輻射屏蔽則不建議。處理檢體人員曝露劑量之監測，因檢體內劑量可能很低而非必要，至於穿戴鉛衣圍裙等防止輻射曝露裝備或使用鉛屏蔽則不建議，使用雙層手套、口罩等簡易型防護裝備可考慮，管理之時效 1~2 週。

Q8. 鐳-223 骨轉移標靶治療後病患如因醫療需要而進行侵入性之診療，該治療之進行是否有特殊管理建議？如果考慮有污染之虞需要管理之時效多久？

A8. 針對微侵入性診療（如內視鏡）一般無需管理，而明顯侵入性診療（如剖腹、開胸等）則需積極管理，包括：器械、廢棄物及手術標本。其中器械，包括清理應有特殊管理；廢棄物需依據核醫輻射廢棄物之管理；而標本或檢體需特別處理（如輻射標記及測量）。

至於執行侵入性診療操作人是否需有輻射防護端視情況而定，建議諮詢核醫專科醫師。管理之時效 1~2 週。

Q9. 鐳-223 骨轉移標靶治療之病患如果必需接受血液透析 是否需要特殊輻射安全之管理 如果考慮有污染之虞 需要管理之時效多久？

A9. 血液透析之安排盡量在藥物注射 24 小時以後，其廢液需收集管理且設備需個人專用 (i.e. 管制時程內僅由該個案專用)，操作人員無需特殊防護，管理之時效至少 1 週。

Q10. 接受鐳-223 骨轉移標靶治療後的病患於短期內身故 其處理方式是否因輻射安全考慮而有所限制 如果考慮有污染之虞 需要管理之時效多久

A10. 骨轉移標靶治療後的病患於短期內身故如採取土葬，並無限制，但如採取火葬則需了解其火化後骨灰之可能輻射劑量而加以限制，另外大體處理包括腹部及臀部脫肛穢物清洗廢棄物保存與操作人員須注意避免輻射污染，處理人員曝露劑量之監測需進一步研究。至於穿戴鉛衣圍裙等防止輻射曝露裝備或使用鉛屏蔽則不建議，使用雙層手套、口罩等簡易型防護裝備可考慮，管理之時效 2 週以上。

結論

臨床應用鐳-223 骨轉移標靶治療之病患雖無須隔離，但須防止其散佈自身體內排泄之鐳-223 污染，故其體液及排泄物須妥善處置，並針對照護者衛教。病患治療後，短期內盡量避免收集血樣及體液檢體，如有緊急醫療需求應尋求核醫專業協助評估。短期內也不宜進行手術，如有緊急醫療需求應尋求核醫專業協助評估並針對執行之醫護人員教育及監測。病患治療後，如短期內身故，不宜立即火化或進行特殊大體處理，如有需求應尋求核醫專業協助評估，並針對執行之禮儀人員施行教育，避免社會大眾之恐慌。

參考文獻

1. Sgouros, G., Bodei, L., McDevitt, M.R., et al., Radiopharmaceutical therapy in cancer: clinical advances and challenges. *Nat Rev Drug Discov*, 2020. 19(9): p. 589–608.
2. Parker, C., Nilsson, S., Heinrich, D., et al., Alpha emitter radium-223 and survival in metastatic prostate cancer. *N Engl J Med*, 2013. 369(3): p. 213–23.
3. 中華民國衛生福利部食品藥物管理署 . 衛部藥輸字第 R00091號 . 104/06/09.
4. Nilsson, S., Larsen, R.H., Fosså, S.D., et al., First clinical experience with alpha-emitting radium-223 in the treatment of skeletal metastases. *Clin Cancer Res*, 2005. 11(12): p. 4451–9.
5. Chittenden, S.J., Hindorf, C., Parker, C.C., et al., A Phase 1, Open-Label Study of the Biodistribution, Pharmacokinetics, and Dosimetry of 223Ra-Dichloride in Patients with Hormone-Refractory Prostate Cancer and Skeletal Metastases. *J Nucl Med*, 2015. 56(9): p. 1304–9.
6. Poeppel, T.D., Handkiewicz-Junak, D., Andreeff, M., et al., EANM guideline for radionuclide therapy with radium-223 of metastatic castration-resistant prostate cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2018. 45(5): p. 824–845.
7. Vaidyanathan, G. and Zalutsky, M.R., Applications of 211At and 223Ra in targeted alpha-particle radiotherapy. *Curr Radiopharm*, 2011. 4(4): p. 283–94.
8. Yoshida, K., Kaneta, T., Takano, S., et al., Pharmacokinetics of single dose radium-223 dichloride (BAY 88-8223) in Japanese patients with castration resistant prostate cancer and bone metastases. *Ann Nucl Med*, 2016. 30(7): p. 453–60.

9. Pratt, B.E., Hindorf, C., Chittenden, S.J., et al., Excretion and whole-body retention of radium-223 dichloride administered for the treatment of bone metastases from castration resistant prostate cancer. *Nucl Med Commun*, 2018. 39(2): p. 125–130.
10. Carrasquillo, J.A., O'Donoghue, J.A., Pandit-Taskar, N., et al., Phase I pharmacokinetic and biodistribution study with escalating doses of ^{223}Ra -dichloride in men with castration-resistant metastatic prostate cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2013. 40(9): p. 1384–93.
11. Bruland Ø, S., Nilsson, S., Fisher, D.R., et al., High-linear energy transfer irradiation targeted to skeletal metastases by the alpha-emitter ^{223}Ra : adjuvant or alternative to conventional modalities? *Clin Cancer Res*, 2006. 12(20 Pt 2): p. 6250s–6257s.
12. ICRP Publication 67. *Ann. ICRP* 23(3/4). Oxford: Pergamon Press; 1993.
13. Bayer AG. *Xofigo Summary of Product Characteristics (SmPC)*. 2016.
14. Lassmann, M. and Nosske, D., Dosimetry of ^{223}Ra -chloride: dose to normal organs and tissues. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2013. 40(2): p. 207–12.
15. Pacilio, M., Ventroni, G., Cassano, B., et al., A case report of image-based dosimetry of bone metastases with Alpharadin (^{223}Ra -dichloride) therapy: inter-fraction variability of absorbed dose and follow-up. *Ann Nucl Med*, 2016. 30(2): p. 163–8.
16. Pacilio, M., Ventroni, G., De Vincentis, G., et al., Dosimetry of bone metastases in targeted radionuclide therapy with alpha-emitting (^{223}Ra -dichloride). *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2016. 43(1): p. 21–33.
17. Großer, O.S., Wissel, H., Wallbaum, T., et al., Extraction of (^{223}Ra)Radium by haemodialysis after treatment of metastatic castration-resistant prostate cancer. *Nuklearmedizin*, 2017. 56(3): p. 69–72.
18. Saurat, D., Aupée, O., Gontier, E., et al., RECOMMENDATIONS FOR MONITORING AND INTERNAL DOSIMETRY FOR NUCLEAR MEDICINE STAFF EXPOSED TO RADIOPHARMACEUTICALS ^{223}Ra DICHLORIDE. *Radiat Prot Dosimetry*, 2018. 182(3): p. 299–309.
19. Benjegerdes, K.E., Brown, S.C. and Housewright, C.D., Focal cutaneous squamous cell carcinoma following radium-223 extravasation. *Proc (Bayl Univ Med Cent)*, 2017. 30(1): p. 78–79.
20. van der Pol, J., Vöö, S., Bucerius, J., et al., Consequences of radiopharmaceutical extravasation and therapeutic interventions: a systematic review. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2017. 44(7): p. 1234–1243.

21. Wright, C.L., Monk, J.P., 3rd, Murrey, D.A., Jr., et al., Real-time scintigraphic assessment of intravenous radium-223 administration for quality control. *Biomed Res Int*, 2015. 2015: p. 324708.
22. Flux, G.D., Imaging and dosimetry for radium-223: the potential for personalized treatment. *Br J Radiol*, 2017. 90(1077): p. 20160748.
23. Hindorf, C., Chittenden, S., Aksnes, A.K., et al., Quantitative imaging of ²²³Ra-chloride (Alpharadin) for targeted alpha-emitting radionuclide therapy of bone metastases. *Nucl Med Commun*, 2012. 33(7): p. 726-32.
24. Aro, J.L., Dinning, S.I., Leung, E.Y., et al., Safe Use of Radium-223 Dichloride ((²²³RaCl₂) Across a Wide Range of Clinical Scenarios, Incorporating a 10-year Single-Institution Radiation Safety Experience. *J Med Imaging Radiat Sci*, 2019. 50(4s1): p. S36-s40.
25. REGDOC-2.7.3: radiation protection guidelines for safe handling of decedents. In: Commission CNS. 2018.
26. Wanke, C., Pinkert, J., Szermerski, B., et al., Radiation Exposure of relatives of patients treated with Ra-223 dichloride in Germany-Results of the "RAPSODY" study. *Journal of Nuclear Medicine*, 2015. 56(supplement 3): p. 1456-1456.
27. Dauer, L.T., Williamson, M.J., Humm, J., et al., Radiation safety considerations for the use of ²²³RaCl₂ DE in men with castration-resistant prostate cancer. *Health Phys*, 2014. 106(4): p. 494-504.
28. Smith, D.S. and Stabin, M.G., Exposure rate constants and lead shielding values for over 1,100 radionuclides. *Health Phys*, 2012. 102(3): p. 271-91.

作者及編審專家

譚鴻遠 (總編輯, 負責章節: 第一章、結論)

學歷: 美國俄亥俄州州立大學 (The Ohio State University) 生理及細胞生物
研究所博士 國防醫學院醫學系醫學士
現職: 三軍總醫院 核子醫學部 主治醫師 國防醫學院教師
專長: 核子醫學、甲狀腺學、分子生物影像、放射核種治療

林立凡 (負責章節: 第二章)

學歷: 國防醫學院醫學系醫學士
現職: 三軍總醫院核子醫學部科主任 正子中心主任
專長: 核子醫學、正子造影、放射核種治療

李岳 (負責章節: 第二章)

學歷: 國防醫學院醫學系醫學士
現職: 三軍總醫院住院醫師
專長: 核子醫學

黃玉儀 (負責章節：第三章)
學歷：國立陽明大學醫學系醫學士
現職：和信治癌醫院中心 核子醫學科
主治醫師 主任
專長：核醫腫瘤學含核醫同位素腫瘤治療

李佩瑛 (負責章節：第三章)
學歷：台北醫學大學醫學系醫學士
現職：和信治癌醫院中心核子醫學科 主治醫師
專長：核醫腫瘤學含核醫同位素腫瘤治療

邱宇莉 (負責章節：第四章)
學歷：義守大學資訊工程所碩士
國防醫學院醫學系醫學士
現職：高雄榮民總醫院 核子醫學科 主治醫師
專長：核醫功能檢查、正子造影檢查、核醫治療

陳義丰 (助理編輯)
學歷：國防醫學院醫學系醫學士
現職：三軍總醫院核子醫學部主治醫師
專長：核子醫學及正子影像學、
放射同位素治療安全防護

高峻皓 (助理編輯)
學歷：國防醫學院醫學系醫學士
現職：三軍總醫院 核子醫學部 住院醫師
專長：核子醫學

林美靖 (助理編輯)
學歷：台北醫學院護理系學士
現職：三軍總醫院 研究助理
專長：臨床試驗

陳毓雯 (文稿審查)
現職：高雄醫學大學附設醫院 核子醫學科
主治醫師 主任

曾能泉 (文稿審查)
現職：童綜合醫療社團法人
童綜合醫院 核子醫學科
主治醫師 主任

顧問

顏若芳教授 (中華民國核醫學學會理事長)
謝顯丞教授 (台灣藝術大學前校長)
許雅娟技正 (行政院原子能委員會)
黃茹絹技士 (行政院原子能委員會)
謝雅欣 (行政院衛生福利部醫事司)
中華民國核醫學學會同位素治療委員會



NOTES























台灣拜耳股份有限公司
贊助印製

Radium-223

骨轉移標靶治療輻射安全衛教建議

衛生福利部

行政院原子能委員會

中華民國核醫學學會 聯合編著

適用醫護專業人員教學