

■出版單位：財團法人中華民國輻射防護協會
■地 址：新竹市光復路二段295號15樓之1 電話：(03)5722224 電傳：(03)5722521
■編輯委員：王昭平、尹學禮、何 偉、李四海、施建樑、
張寶樹、董傳中、趙君行、鄧希平、蘇獻章 (依筆劃順序)
■發行人：鄧希平 ■主 編：劉代欽 ■編 輯：李孝華
■印刷所：大洋實業社 地址：新竹市建功一路95號
行政院新聞局出版事業登記證局版北市誌字第柒伍零號

□輻防消息報導

▲102年第2次「輻射防護專業測驗」及「輻射安全證書測驗」考試訊息

(原能會訊)

行政院原子能委員會委託元培科技大學辦理 102 年第 2 次「輻射防護專業測驗」及「操作人員輻射安全證書測驗」，定於 102 年 10 月 26 日舉行，報名日期為 102 年 8 月 27 日至 9 月 3 日，測驗相關最新訊息與公告請連結行政院原子能委員會網站查詢詳閱簡章。

▲三位日本輻射專家實測結果 確認蘭嶼地區環境輻射正常

(原能會訊)

原能會邀請三位日本輻射專家於 7 月 1、2 日前往蘭嶼，進行蘭嶼全島公路週邊環境輻射偵測。偵測結果確認均在自然背景變動範圍內，蘭嶼地區的環境輻射正常。

專程來台的三位日本資深輻射專家，分別是：石黑秀治博士(曾任日本保健物理協會會長)、澁谷進博士(現任日本原子力後端營運推進中心專務理事)及森內茂博士(曾任日本原子力研究所環境安全研究部長)。參加此次環島偵測活動的國內輻射專業人員，包括原能會輻射防護處、輻射偵測中心、台電公司放射試驗室人員，以及財團法人核能資訊中心的朱鐵吉教授、謝牧謙博士。此外，原能會也事先邀請蘭嶼鄉公所、鄉民代表會及地方人士代表參加。

本次偵測活動台日專家共使用 12 部不同類型的輻射偵測儀器，在蘭嶼環島公路及中橫公路每隔 500 公尺實地量測，所測得的輻射劑量介於 0.02~0.04 微西弗/小時，均在自然背景變動範圍(0.2 微西弗/小時以下)，確認環境輻射一切正常。偵測數值如附圖。

台日專家也到去(101)年報載二位日本學者（中生勝美教授、加藤洋副教授）所指的輻射「熱點」，特別是朗島衛生室附近的「熱點」進行偵測，並未發現任何輻射異常。

由於在朗島衛生室附近的蘭恩電台朗島中繼站，目前正更新低功率發射器，已經斷電，並移除原來設備。為驗證偵測儀器是否有受到電波干擾的情形，台日專家另於蘭嶼文物館前，會同地方電台人員關斷發射台電源後進行量測，偵測結果證實，去年二位日本學者所使用的偵測儀器(SAM940 型)的確會受到電波干擾產生誤信號。該二位日本學者去年宣稱的輻射「熱點」，事實上根本不存在。

去(101)年天秤颱風過後，二位日本學者與國內環保人士前往蘭嶼進行輻射偵測，對外宣稱發現部分地區有輻射超標情形，經由媒體報導而造成民眾心理疑慮。雖然經過原能會多次會同各單位進行環境偵測，確認蘭嶼環境輻射並無異常，且發布新聞說明日本學者的偵測儀器因受電磁波干擾而產生誤信號，但該二位日本學者仍繼續質疑蘭嶼有輻射異常情況。立法委員為釐清爭議，乃要求原能會邀請國際輻射防護專家前往蘭嶼進行偵測，以確認環境輻射的真實情形。

此次三位日本資深輻射防護專家會同國內輻射專業人員，進行蘭嶼環島偵測，偵測地點也包括朗島國小、東清國小、蘭嶼國小、蘭嶼國中、朗島衛生室等地，均未發現任何輻射異常情形。原能會強調，蘭嶼地區環境輻射正常，絕無安全顧慮，請地方民眾安心，也請國人放心前往蘭嶼旅遊。

□會議訓練報導

▲102 年度各項訓練班開課時間

(輻協訊)

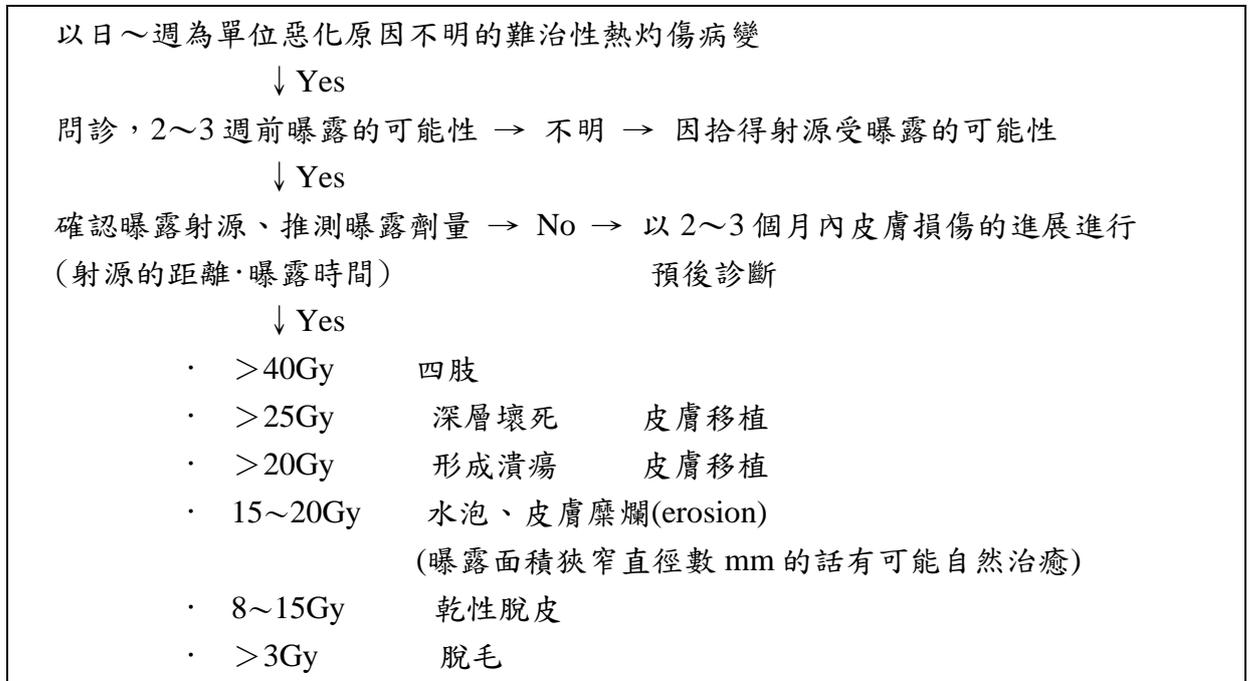
班別	組別	期別及日期	地點
放射性物質或 可發生游離輻射 設備操作人員 研習班	(A 組)	A4-- 8 月 14 日~ 21 日	(高雄)輻射偵測中心
	36 小時 許可類 設備	103 年 A1--1 月 15 日~22 日	(高雄)輻射偵測中心
		103 年 A2--2 月 11 日~18 日	(新竹)帝國經貿大樓
	(B 組)	B12-- 8 月 7 日~ 9 日	(高雄)輻射偵測中心
	18 小時 登記備 查類 設備	B13-- 8 月 21 日~ 23 日	(新竹)帝國經貿大樓
		B14-- 9 月 4 日~ 6 日	(台中)文化大學推廣部
		B15-- 9 月 11 日~ 13 日	(台北)建國大樓
		B16-- 10 月 16 日~ 18 日	(新竹)帝國經貿大樓

		B17-- 10月23日~25日	(高雄)輻射偵測中心
		B18-- 11月6日~8日	(台北)建國大樓
		B19-- 11月20日~22日	(台中)文化大學推廣部
		B20-- 12月4日~6日	(新竹)帝國經貿大樓
		B21-- 12月18日~20日	(高雄)輻射偵測中心
		103年B1--1月8日~10日	(台北)建國大樓
		103年B2--1月22日~24日	(台中)文化大學推廣部
		103年B3--2月19日~21日	(新竹)帝國經貿大樓
		103年B4--3月12日~14日	(高雄)輻射偵測中心
		103年B5--3月19日~21日	(台北)建國大樓
輻射防護繼續 教育訓練班		09月17日---3小時	高雄
		09月26日---3小時	台北
		10月15日---3小時	新竹
		10月29日---3小時	台中
		11月12日---6小時	新竹
		11月26日---6小時	高雄
鋼鐵建材輻射偵檢人員 訓練班		鋼--9月24日~25日	高雄
		鋼--10月22日~23日	(新竹)帝國經貿大樓
射防護專業 人員訓練班	輻 防 師 (24 小 時) 輻 防 員 (108 小 時)	進階 16 8月28日~30日(進階16-1) 9月02日~04日(進階16-2)	(新竹)帝國經貿大樓
		員 24 期 第一階段—12月09日~13日 第二階段—12月16日~20日 第三階段—103年1月06日~10日 第四階段—103年1月13日~16日	
		進階 17 103年2月25日~27日(進階17-1) 103年3月4日~6日(進階17-2)	

□ 專題報導

▲ 核能事故緊急曝露醫療【接續 121 期】

(國泰綜合醫院 杜慶燾理事長譯)



(來源：二級曝露醫療機關的應對)

圖 2-21 急性輻射曝露的難治性熱灼傷病變和曝露劑量

• 高劑量曝露病人的治療方針

① 造血器官障礙的治療

治療方針依曝露劑量而異，再評估淋巴球(lymph)動態，治療中投與 G-CSF 和血小板輸血，嗜中性白血球減少時必須在無菌室治療。為了預測移送至無菌室管理的時間點，必須比較嗜中性白血球和血小板的動態，檢查白血球組織抗原分型 HLA(HLA typing)(A、B、DR、DQ)準備骨髓移植，請求骨髓銀行(donor bank)搜尋(search)捐贈者。對感染症的預防處置也很重要(參考 122-9「骨髓症候群的治療」)

② 消化道的保護(參考 122-7「消化道症候群的治療」)

③ 熱灼傷的治療(參考 122-11「輻射線皮膚損傷的治療」)

④ 肺障礙的治療(參考下期「輻射肺障礙的治療」)

⑤ 感染的預防

感染的預防和管理是治療的重點，從曝露早期開始體表除菌、選擇性消化道除菌(服用非吸收性抗生素、抗菌劑)、無菌餐(推薦元素飲食(elemental diet))、投與抗巨細胞病毒(cytomegalovirus)免疫球蛋白(γ globulin)·預防性抗

生劑·G-CSF，進行無菌室管理，可能的話盡早開始經口攝取營養，維持胃的免疫機能或生理機能。

⑥精神關心(mental care)

病人以及其家族對於曝露影響健康或遺傳抱持不安和恐懼，因此應該從早期就致力於和精神科醫師一起減輕心理負擔。

表 2-8 依照重症程度的急性放射線症候群(ARS)基本療法

全身曝露劑量(Gy)	1-2	2-4	4-6	6-8	>8
ARS 的重症程度	輕度	中度	重度	極重度	致命
醫療應對與治療	住院 追蹤觀察	住院 盡早隔離至無菌室			
		盡早(或1週內) 開始投與 G-CSF 或是 GM-CSF		GM-CSF G-CSF+EPO+TPO	
		廣效性(spectrum)抗生物質(大約潛伏期結束時開始) 抗真菌劑和抗病毒(virus)劑(依需要)、SDD(6 Gy 以上)			
		成分輸血 依需要輸入血小板、紅血球			
				完全非經口攝取營養(第1週開始) 經鼻管投與左旋麩醯胺酸(L-glutamine)、元素飲食(elemental diet) 代謝的修復、排毒素(依需要)	
				交換血漿(依需要第2或第3週) DIC 瀰散性血管內凝血 (disseminated intravascular coagulation, DIC) 的預防(依需要第2週)	
		HLA 合致同種幹細胞移植(第1週)			

註)G-CSF：顆粒性白血球聚落(colony)刺激因子，GM-CSF：顆粒球巨噬細胞聚落(macrophage colony)刺激因子，IL-3：白細胞介素 3(interleukin-3)，EPO：紅血球生成素(erythropoietin)，TPO：血小板生成素(thrombopoietin)，HLA：人類白血球組織抗原(human leukocyte antigen)，SDD：選擇性消化道除菌(selective decontamination of digestive tract)

(來源：IAEA/WHO Safety Reports Series No.2)

2.3.2 體外曝露劑量的評估方法

體外曝露，是由人體外的射源產生放射線造成的曝露。造成體外曝露的放射線，主要是穿透力高的 γ 射線或是中子線，評估皮膚表面的曝露時，也

需要考慮 β 射線。

評估體外曝露劑量，可使用**個人劑量計**或空間劑量測定用的測量計(參考123期「輻射偵測器(survey meter)的實際使用方法」)。曝露事故時，為了調查詳細的放射線效應，適合使用染色體分析法或是淋巴球(lymphocyte)追蹤法等方法。對於曝露病人的醫療措施，由於之後出現的症狀或治療內容依曝露劑量而定，所以曝露劑量評估是極為重要。

• 個人劑量計

個人劑量計有螢光玻璃劑量計，OSL 劑量計，TLD 劑量計，電子劑量計等許多種類，依照放射線種類和使用目的選擇劑量計。**個人劑量計的佩帶位置，男性為胸部，女性為腹部。**緊急曝露醫療的現場，很少由污染病人造成醫療人員受到體外曝露，但是為確認有無受到體外曝露，進行醫療處理時醫療人員也必須佩帶個人劑量計。

• 由前驅症狀評估劑量

曝露病人受曝露後48小時以內出現的**前驅症狀**可以推測曝露劑量。

受曝露超過1 Gy，會出現噁心，嘔吐，腹瀉，發燒，神經症狀等**前驅症狀**，出現時間依曝露劑量而異。劑量愈高，**前驅症狀**的頻率和病重程度愈高，出現時間也愈早。表2-9顯示曝露劑量和前驅症狀的關聯。

表 2-9 由前驅症狀推測曝露劑量

症狀和全身曝露劑量		1~2 Gy	2~4 Gy	4~6 Gy	6~8 Gy	>8 Gy
嘔吐	發現時間	>2 小時	1~2 小時	<1 小時	<30 分鐘	<10 分鐘
	發現頻率	10~50 %	70~90 %	100 %	100 %	100 %
腹瀉	發現時間	無	無	輕度 3~8 小時	重度 1~3 小時	重度 數分鐘~1 小時
	發現頻率	—	—	<10 %	>10 %	約 10 %
頭痛	發現時間	輕微	輕微	中度 4~24 小時	重度 3~4 小時	重度 1~2 小時
	發現頻率	—	—	50 %	80 %	80~90 %
知覺	發現時間	無障礙	無障礙	無障礙	可能有障礙	消失
	發現頻率	—	—	—	—	數秒~數分鐘 100 %(>50 Gy)
體溫	發現時間	正常	微熱 1~3 小時	發燒 1~2 小時	高燒 <1 小時	高燒 <1 小時
	發現頻率	—	10~80 %	80~100 %	100 %	100 %

來源：IAEA Safety Reports Series No2：Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries 1998。劑量以 γ 射線曝露劑量顯示。

• 以臨床檢查(血液)數據推測曝露劑量

淋巴球(lymphocyte)對放射線敏感性高，受曝露後很快誘發細胞凋亡(apoptosis)，因此可使用於**曝露劑量和淋巴球減少的關聯**作為劑量評估方法。(參考 121 期「高劑量全身曝露/急性放射線症候群的應對」)

受曝露當天到 1 個禮拜以內，能以淋巴球推測劑量，適合用於 0 到 10 GyEq 的劑量範圍。除淋巴球外，嗜中性白血球和血小板也有同樣減少傾向，可用來推測曝露劑量。

• 以染色體分析推測劑量

經由檢測淋巴球中的**染色體異常**推測曝露劑量。染色體分析法的敏感性依放射線種類而有異， γ 射線或 X 光可檢測到 200mGy，中子線可檢測到 10~20 mGy。

染色體異常有**安定型染色體異常**(染色體的易位或倒置，中間缺失，片段缺失等)，和細胞分裂毀滅的**不安定型染色體異常**(**雙節形**，**環形染色體**，**染色體碎片**)。曝露後初期，檢查幾十個到幾百個分裂圖，調查雙節形或環形染色體的出現頻率可推測劑量。曝露後已經過很長時間，以安定型染色體異常為指標進行劑量推測。

• 其他方法

使用牙齒的**琺瑯(enamel)**質或是體內放射化的**鈉**(中子曝露時)等方法。

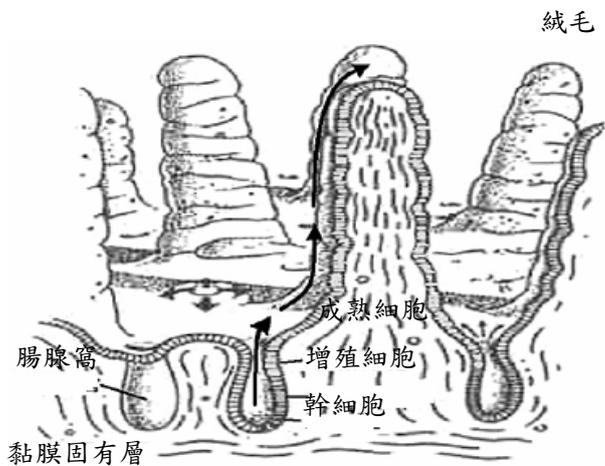
2.3.3 消化道症候群的治療

全身或腹部受到超過 5~7 Gy 的曝露，數天到 2 週內會出現消化系統症狀，稱作**消化道症候群**。主要的症狀是**食慾不振**、**食物或水分攝取量減少**、**腹瀉**、**麻痺性腸閉塞(ileus)**、**胃內食物滯留**、**小腸吸收障礙**、**脫水**、**電解質異常**、**體重減輕**。隨著骨髓症候群白血球及血小板減少，造成感染和出血，也引起發燒、**血性腹瀉**。

• 消化道症候群的病態

消化道中對輻射敏感性最高的是小腸。看小腸的橫斷面圖黏膜上有許多稱作**絨毛**的突起物。絨毛的黏膜細胞每天從下方補充，往上方移動的同時，在一定時間發揮絨毛的機能，之後於絨毛頂端消失。

輻射對小腸的影響，從絨毛底部的幹細胞停止分裂開始，黏膜細胞的補充終止，絨毛的黏膜細胞就只是每天從絨毛頂端消失。黏膜細胞在絨毛停留時間是 3~4 天，所以幹細胞不再補充黏膜細胞的話，3~4 天會出現消化道障礙。



(來源：Potten, C.S, and Hendry, J.H., Stem cells in murine small intestine. In Stem cells : Their identification and characterization. Ed. C. S. POTTEN. Pubs. Churchill Livingstone Inc., 1983.)

圖 2-22 小腸的絨毛

中等程度的曝露(3~12 Gy)絨毛會暫時短小化，但是不久後幹細胞恢復，絨毛回到原本的狀態。

高劑量的曝露(超過 12 Gy)幹細胞死亡，黏膜細胞補充終止。小腸黏膜的絨毛構造消失，平坦化，造成黏膜面潰瘍、出血、纖維化。小腸的淋巴組織也被破壞。黏膜障礙持續，小腸失去消化吸收作用，腸內細菌開始散播全身，水分和電解質也流失，病人陷入病危狀態。

大腸、直腸有很多分化過的細胞，因此對曝露有抵抗性，但是晚期可能出現腸道狹窄、通過障礙、黏膜黏附(adhesion)。

• 消化道症候群的治療

1) 噁心、嘔吐、腹瀉

消化道的黏膜障礙引起的 5-Hydroxytryptamine (5-HT₃)造成噁心或嘔吐的原因，所以 5-HT₃ 受體拮抗劑(5-HT₃ receptor antagonist)(**granisetron**、**ondansetron**、**tropisetron**)對噁心或嘔吐非常有效。

曝露後立即發生的腹瀉，被認為是消化道運動的變化造成，**loperamide**可以有效治療腹瀉。

2) 水分、電解質平衡異常的修正

高劑量曝露時消化道黏膜會脫落、大量的水分・電解質往腸內流失。大腸裡水分的再吸收不完全。特別是鈉顯著流失，所以需要看血液檢查結果補充電解質。

3) 腸黏膜再生的促進

為了腸黏膜的保存與再生目的，推薦投與含有氨基酸(amino acids)、蔗糖(cane sugar)、少量脂肪的營養品。這類製品市面上販賣的種類很多，重點是，為了抑制促進腸黏膜惡化的膽汁或胰液分泌，這些營養物質以單純的形式存

在，而且容易消化吸收。

處方例 ①元素性飲食(elementary diet)

②左旋麩醯胺酸(L-Glutamine)大量投與(0.5g/kg/day)

對於重症病人也考慮使用中心靜脈營養療法。

輻射曝露後常有黏膜炎，清洗口腔對口腔內的黏膜炎有效。

4) 感染症的預防和治療

感染症在曝露 24 小時後發病，不只是因為白血球的減少所引起，和淋巴組織(Peyer's patch)的機能不全也有關。定期進行細菌培養檢查，一旦確認感染立即投與廣譜(spectrum)抗生物質。投與預防性抗病毒(viral)藥(阿昔洛韋 aciclovir)，發燒症狀持續時也考慮投與抗真菌藥。

藉由無菌室(clean room)的使用、攝取無菌餐、嚴格執行洗手等，預防以 MRSA(methicillin-resistant staphylococcus aureus)為首的感染症。

2.3.4 骨髓症候群的治療

受到電離輻射 0.5~1.0 Gy 的全身曝露，會發生短時間的造血系統破壞。輻射曝露劑量更高，骨髓裡造血細胞數量減少，所以血液裡循環的細胞數量減少而發生泛血球減少症(pancytopenia)。對造血系統造成不可逆傷害的輻射劑量依個體而異，但是有效劑量超過 5Gy，許多受曝露的人末梢血(Peripheral blood)之血小板和顆粒球數量會在曝露後 14 天左右迅速減少，如無進行支持療法的情況下，出血或感染症導致的死亡顯著增加。

表 2-10 曝露劑量和骨髓症候群的治療方針

曝露劑量	骨髓症候群的治療方針
4(2) Gy 以上	①免疫功能不全對策：無菌環境，抗生物質 ②造血細胞激素(cytokine)的投與 ③血液成分輸血
8(6) Gy 以上	④造血幹細胞移植
10 Gy 以上	⑤10 Gy 以上因為消化系統障礙(disorder)、肺障礙 難以治癒

骨髓症候群的治療方針，曝露劑量 4 Gy (或 2 Gy)以上發生血球減少，使用免疫功能不全對策、造血細胞激素與血液成分輸血，8 Gy (或 6 Gy)以上發生不可逆骨髓不全，進行造血幹細胞移植。曝露劑量超過 10 Gy，因為消化系統、肺的損傷，即使造血機能恢復也難以治癒。

• 造血生長因子的投與

G-CSF 或 GM-CSF 等造血生長因子可有效縮短嗜中性白血球減少症恢復的時間。雖對輻射曝露病人沒有推薦的投與方法，但是基於病態生理的類似性，預期輻射曝露引起顆粒球減少、血小板減少時，藉由投與細胞激素可減少感染症或出血。

治療例①G-CSF 2.5~5 μ g/kg/day,

治療例②GM-CSF 5~10 μ g/kg/day

• 造血幹細胞移植(骨髓移植、臍帶血移植、周邊血液幹細胞移植)

受輻射曝露時同種細胞捐贈者的移植現在仍有許多爭論。可是，對發生不可逆骨髓不全的受曝露者，同種移植是恢復造血的唯一治療方法。

近年，比一般移植毒性更低的骨髓非破壞式同種移植(即「迷你(mini)移植」)也有在進行。可是移植後 GVHD(Graft-versus-host disease)是接下來的大問題。

對曝露病人造血幹細胞移植的實際

- 曝露後，盡可能早期測定白血球組織抗原分型(HLA typing)(本人及家族)
- 緊急搜尋臍帶血銀行、骨髓銀行(bank)的提供者
- 發生感染前實施移植
- 曝露劑量 8 Gy 以上的曝露
- 第 1 週淋巴球(lymphocyte)數量減少到 200/mm³ 以下

何謂 HLA

- 白血球的血型，不吻合會發生排斥反應或是 GVHD (Graft-versus-host disease)(移植物對抗宿主疾病)
- 應該要使吻合的 HLA 有 HLA-A、HLA-B、(HLA-C)、HLA-DR 4 種(臍帶血移植時，3 種)
- 為了檢查，需要抽血 10 ml 裝入含有 EDTA(ethylenediaminetetraacetic acid)的試管裡。
必須在白血球消失前抽血。

發生造血不良性危機(aplastic crisis)後 1~2 週之間(曝露後 25~40 天)造血功能沒有恢復時，需要移植來自健全骨髓(或幹細胞)捐贈者的正常造血細胞。曝露後到發生造血不良性危機的時間愈短，為不可逆性的可能性愈高，曝露後 8~12 天顆粒球數量極少，全身劑量超過 6~8 Gy，由於長時間的造血不良性

危機需要移植的可能性很高。

初期指標就顯示幹細胞可能發生損害時，為了讓移植臨床團隊可以援助病人的治療、評估，以及為了最後需要移植時，由家族或非血緣捐贈者確定合適捐贈者的作業可以開始進行，應在有移植中心的醫療院所進行曝露者的治療。

2.3.5 輻射線皮膚損傷的治療

輻射造成的皮膚損傷，稱為「輻射熱灼傷」或「β線熱灼傷」。可是，為了適當進行輻射線皮膚損傷的治療，必須先了解雖然此種病狀稱為「熱灼傷」，但是和由熱造成的熱灼傷病狀完全不同。

熱造成的熱灼傷是從皮膚表面依序應對深淺的物理上損傷。而輻射造成的皮膚損傷程度不是由表面到深度，而是依細胞成熟度而異。因此損傷的出現依細胞週期而定。進行治療必須先知道輻射造成皮膚損傷的症狀和發現症狀的時間。

表 2-11 輻射線造成皮膚損傷和發現時間

皮膚損傷類型	發現時間
紅斑	數~48 小時
乾性脫皮	數日 3~6 週
濕性皮膚糜爛	4~6 週
潰瘍	> 6 週
壞死	> 10 週

曝露劑量愈高愈早出現損傷症狀。比起身體幹部，四肢末端會產生更嚴重的傷害。另外，不同於熱造成的熱灼傷，殘留的幹細胞也會發生 DNA 損傷，所以經過長時間出現局部發炎、壞死，最終可能不可避免地必須擴清，切斷。

• 急性期治療

1) 保守治療

紅斑和乾性脫皮，使用含有腎上腺皮質類固醇(steroid)的洗劑(lotion)或 Baramycin 軟膏。

濕性脫皮，皮膚糜爛(erosion)，潰瘍，使用 Baramycin 軟膏、或磺胺銀軟膏(silver sulfadiazine)塗抹局部。一邊進行治療一邊仔細觀察上皮是否再生。可能需要延長 2~3 個月以便觀察。



(來源：IAEA Publication on Accident Response,
The Radiological Accident in Samut Prakarn,
IAEA,2002)

圖 2-23 泰國鈷-60(Co-60)曝露事故時的輻射線皮膚損傷

2) 皮膚移植

判斷健全上皮再生困難時，適合使用皮膚移植。最近，使用異種移植(xenograft)促進肉芽組織再生，再次移植人工皮(integra)等血管和皮膚再生後進行上皮移植有好效果。

• 慢性期應對

出現疼痛、知覺異常、血管擴張、色素沉著、脫出、乾燥性皮膚炎等症狀。必須一邊注意萎縮情形或發生癌症的風險一邊觀察經過。應該盡可能避免損傷部位的外傷。

【下期待續】

1. 歡迎賜稿，稿件請寄新竹市光復路二段 295 號 15 樓之 1 或電傳(03)5722521 或 email 輻防協會編輯組李孝華小姐收 TEL：(03)5722224 轉 314。來稿一經刊登，略致薄酬(政令宣導文章，恕不給稿酬)。
2. 如蒙賜稿，新聞類每則請控制在 500 字以內，專題類每篇以 2000 字以內為佳。