

急性放射線症候群 (acute radiation syndrome) 的治療

劉人璋

2011年3月11日，日本東北地區發生近年罕見的大型地震，除立即引發海嘯外，更造成福島核電廠危機，是少見的複合式災難，引發了許多人對核能發電的擔憂。核能發電是主要的電力來源之一，雖然許多國家正努力開發新能源，但核能仍然是讓人又愛又恨的一種力量。本文整理暴露在放射線下造成急性放射線症候群的處理原則。

人類史上最大的一次原子攻擊是1945年在日本長崎投下的兩顆原子彈，當時造成15萬人受傷，7萬5千人死亡。幾乎所有從長崎事件倖存的存活者，暴露在放射線下的量都少

於3葛雷(Gy)。近來的研究數據顯示，60天內讓50%人類死亡的全身放射線暴露量，未接受支持性療法的患者為3.25至4葛雷，接受抗生素與輸血治療的患者為6至7葛雷。雖然過去50年間，絕大多數放射線傷害都是出自於意外，但仍然需要對恐怖主義與核能電廠事故提高警覺。當代的放射線危機可以分為5類，分別是(1)核能電廠事故，(2)不當使用單一核能裝置，(3)恐怖分子使用散播放射線裝置，(4)引爆核能裝置，(5)引爆核子武器。接下來將根據不同程度的放射線暴露說明處理原則。

一、放射線暴露與傷害

放射線傷害來自於體外射線，遭到放射線活性物質污染以及吸入、食用或是經皮吸收放射線物質，或發生複合性暴露，也可能同時造成燒傷與外傷。以引爆核子武器來說，爆炸時產生的熱能約佔總能量的35%，衝擊波約佔總能量的50%，剩下15%的能量為放射線。熱能

與光線會造成高溫傷害，包括燙傷、燒傷甚至造成眼盲(因為視網膜受體損傷)。爆炸引起的衝擊波會造成骨折、撕裂傷、內臟損傷、肺出血與水腫。放射線會造成急性放射線症候群、表皮損傷、增加癌症風險、白內障、不孕、畸胎(甚至是死胎)。

二、急性放射線症候群

根據動物實驗研究結果，全身或身體大面積暴露在1葛雷以上就會造成急性放射線症候群。複製越快的細胞對放射線反應越敏感，特別是精蟲、造血幹細胞、腸絨毛細胞等。急性放射線症候群的臨床症狀包括造血、腸胃與腦血管系統異常。這些症狀與病徵的發生時程及嚴重度取決於暴露劑量，每種症候群都可以分為四期，分別是前期、潛伏期、表現期與恢

復期或死亡。

暴露放射線後48小時到6天內，稱為前期(prodromal phase)。潛伏期(latent phase)的特徵反而是症狀消除，不幸的，這種效應只是短暫的，通常只維持數天到一個月。接下來會進入表現期(manifest phase)，會有顯著的免疫抑制，且非常難以控制。如果患者可以存活下來，則有可能恢復。暴露在極大量的放射

線下，這四期會快速發生，且很快就會死亡。

表一整理了暴露劑量與各期的臨床病徵。

三、放射線對各器官系統的影響

骨髓幹細胞暴露在放射線下會大量死亡，當暴露量超過 1 葛雷後，就會對骨髓造成影響，在暴露後的幾個星期，會發生骨髓危機，造成骨髓增生不全或再生不良。這些效應會造成全血球低下 (pancytopenia)，導致感染、出血、傷口癒合不佳，這些都會造成死亡。淋巴球低下通常會最早發生，暴露在放射線後的 24 小時內，淋巴球數目會下降一半，是否造成其他血球數目低下端看暴露放射線的量與時間，如果同時併發外傷與燒傷，患者的致命暴露量將顯著降低。

放射線會造成腸黏膜受損，腸細胞死亡，這些傷害會讓患者有腹痛、腹瀉、嚴重的噁心嘔吐，且讓這些患者處於感染高風險。暴露高

劑量放射線 (超過 10 葛雷) 會在數小時內造成嚴重噁心嘔吐，接下來 5 到 7 天，噁心嘔吐症狀逐漸緩解，但其他全身性症狀，例如營養不良、腸阻塞、脫水、心血管衰竭、電解質異常等等，會接踵而生，甚至導致敗血症死亡。

對腦血管系統的影響比較鮮為人知，患者可能有發燒、低血壓與認知功能受損的病徵，這些通常發生在暴露超過 20 到 30 葛雷的放射線才會發生。一開始會有意識混亂、困惑等，會進展至無法維持平衡，甚至誘發癲癇。一旦有這些症狀，患者通常會在短時間內惡化，在 2 天內因為循環系統衰竭，導致低血壓併發症、腦水腫、顱內壓過高而死亡。放射線對各器官系統的影響整理於表二。

四、急性放射線症候群的處理

除了輻射防護措施外，照護暴露放射線患者，理學檢查應注意生命徵象 (是否有發燒、低血壓)、皮膚檢查 (瘀青、水腫、紫斑與外傷) 以及神經學檢查 (是否有感覺或運動神經功能缺損、步態不穩、精神狀態與認知功能)。

造血系統症候群的治療以細胞激素 (cytokine) 為主，暴露劑量相對較低時 (低於 3 葛雷)，可以以細胞激素短期治療，但如果劑量較高 (高於 7 葛雷)，則需要合併細胞激素、輸血、甚至移植骨髓幹細胞。使用細胞激素，例如顆粒球巨噬細胞聚落刺激因子 (GM-CSF)、顆粒球聚落刺激因子 (G-CSF)，主要是仰賴其增加顆粒球前驅細胞存活、複製與分化。在很有限的資料中，28 位因為核災接受 G-CSF 與 GM-CSF 治療的患者，其中 25 位的中性球恢復速度較快。細胞激素治療應持續到絕對中性球數目達到 1.0×10^9 cell/L 以

上，停藥後如果中性球數目顯著下降，則必須繼續使用，合併貧血患者，可以考慮使用紅血球生成素，並補充鐵質。細胞激素的建議劑量整理於表三。

急性放射線症候群的支持性療法包括投與抗生素、止吐藥物、治療腹瀉藥物、靜脈輸液、矯正電解質異常、止痛藥物與燙傷局部治療藥物。部分研究指出，早期投與廣效性抗生素可以降低放射線暴露動物的死亡率，預防並控制血球低下期的感染是成功關鍵，中性球低下患者可使用 fluoroquinolones 類藥物預防感染，一旦患者骨髓抑制情況惡化，則需要合併使用廣效性抗生素，抗生素使用原則可參考北美感染醫學會對中性球低下患者治療建議。

放射線暴露劑量達 10 到 12 葛雷以上患者，基本上並沒有存活的機會，應該提供這些患者止痛藥物、止吐與治療腹瀉藥物，對患者

及其家屬提供精神支持。

五、結論

核災受害者的治療需要動員許多資源，國家應有全盤的災難應變計畫，儲備緊急應變所需醫療器材與藥品。對於受害者，放射線暴露量將決定患者預後，必要的支持性療法、細胞

激素、輸血、甚至是骨髓幹細胞移植，醫療人員應熟悉處理原則並建立準則，才有辦法應付此類災難。

表一 放射線暴露量與預後的關係

放射線劑量，葛雷	前驅症狀	主要病徵與症狀	未接受治療之預後
0.5-1.0	輕微	血球數目些微下降	幾乎都可以痊癒
1.0-2.0	輕微到中度	骨髓損傷	存活機率高 (>90%)
2.0-3.5	中度	中重度骨髓損傷	可能存活
3.5-5.5	嚴重	嚴重骨髓損傷	3 到 6 周內死亡
5.5-7.5	嚴重	全血球低下與中度腸胃損傷	2 到 3 周內死亡
7.5-10.0	嚴重	顯著腸胃與骨髓損傷、低血壓	1 到 2.5 周內死亡
10.0-20.0	嚴重	嚴重腸胃損傷、肺炎、精神/ 認知功能受損	5 到 12 天內死亡
20.0-30.0	嚴重	心血管衰竭、休克	2 到 5 天內死亡

表二 放射線對神經、腸胃與皮膚系統的影響分級

症狀	第一級	第二級	第三級	第四級
神經系統				
噁心	輕微	中度	嚴重	極度難以忍受
嘔吐	偶而(一天一次)	間斷(一天兩到五次)	持續	對治療沒有反應
疲倦	能夠活動	活動能力受限	無法自理	無法自理
體溫	<38°C	38°C-40°C	>40°C 但小於 24 小時	>40°C 且大於 24 小時
低血壓	血壓正常	<100/70 mmHg	<90/60 mmHg	<80/? mmHg
神經功能缺損	罕見	常見	持續	危及生命、造成意識喪失
腸胃道系統				
腹瀉	一天 2 到 3 次	一天 4 到 6 次	一天 7 到 9 次	一天超過 10 次
腸胃道出血	罕見	間斷出血	持續出血	持續且大量出血
腹痛	輕微	中度	密集	難以忍受
皮膚系統				

紅疹	輕微且短暫	中度（小於體表面積 10%）	顯著（介於體表面積 10%-40%）	嚴重（超過體表面積 40%）
水腫或腫脹	有，但無症狀	有症狀	造成功能障礙	完全失去功能
水泡	少見	少見	出現水泡	水泡且出血
潰瘍或壞死	局限於表皮	侵犯到真皮層	侵犯到皮下組織	侵犯到肌肉與骨骼

表三 細胞激素建議劑量

細胞激素	成人建議劑量	兒童建議劑量
G-CSF 或 filgrastim	5 mcg/kg/day 皮下注射，直到絕對中性球數目高於 1.0×10^9 cell/L	5 mcg/kg/day 皮下注射，直到絕對中性球數目高於 1.0×10^9 cell/L
聚乙二醇（pegylated）G-CSF 或 pegfilgrastim	6 mg 皮下注射一次	45 公斤以上青少年，6 mg 皮下注射一次，兒童無建議劑量
GM-CSF 或 sargramostim	250 mcg/m ² /day 皮下注射，直到絕對中性球數目高於 1.0×10^9 cell/L	250 mcg/m ² /day 皮下注射，直到絕對中性球數目高於 1.0×10^9 cell/L