

# 急性 放射線症候群과 그 治療

原子力病院 放射線人體障害研究室

鄭 寅 溶

## 1. 急性 放射線症候의 概念

Warren(1950)은 急性 放射線被曝에 의한 症狀과 經過는 특징적이므로 일본의 히로시마, 나가사키에서의 原曝에 의한 放射線被曝者에 대한 症狀을 처음으로 「急性 放射線症」이라 命名하였으며, 그의 概念은 外部被曝은 물론 體內에 攝取된 內部被曝도 포함하고 있다.

그로부터 2년 후, Hempleman(1952)은 미국 Los Alamos 研究所에서의 두 번에 걸친 核連鎖反應 制御不良에 의한 過大被曝者 9例에 대한 臨床報告에서 이를 「急性放射線症候群」이라는 用語를 사용하였다. 그의 原因은 원자폭탄은 核에너지를 爆風과 熱, 또는 電離放射線으로 변화시키는 것에 반하여 Los Alamos 臨界實驗 事故는 순수한 電離放射線 漏洩에 의한 全身被曝 事故로서 이를 시초로 放射線 全身被曝에 의한 急性 傷害現象이 관찰되었고 放射線症候群의 概念이 확립되었다.

## 2. 放射線事故의 例

1979년 3월 미국의 TMI-2 原電事故이후 放射線事故에 대한 세계인의 관심은 더욱 높아졌고, 原子力發電에 대한 安全論爭이 계속되던 중, 1986년 4월 소련 체르노빌 原電大型事故로 單獨 放射線에 의한 사망자는 29명이었다.

이러한 大型事故는 주로 一般公衆에 대한 晩發性障害의 위험도가 문제가 되고 있으며, 放射線事故 直後 사망을 포함한 緊急醫療處置가 요구되는 중대한 放射線事故는 歷史적으로 많은 사건은 아니었다.

1979년 10월 미국 Oak Ridge 市에서 「放射線事故에 대한 醫學的 基礎(The Medical Basic for Radiation Accident Preparedness)」를 주제로 하는 국제 심포지움에서 과거 전 세계에서 발생한 緊急醫療를 요하는 放射線事故를 追跡조사한 결과에 대하여 50명의 演者가 발표 하였으며, 그의 자료에 의하면 1945년부터 1979년까지의 事故數는 표 1과 같다.

그 중 外部 被曝事故에 의한 死亡者數는 절반이 密封線源 取扱의 과오로 발생되었고, 기타 절반은 臨界事故로서 1965년 Mol 事故 이후, 점차 감소경향 이었으나, 放射線 作業者이외의 일반시민이 포함된 사태가 발생한다는 점에 특히 주목되고 있다.

표 1. 世界의 緊急醫療處置를 要하는 大型放射線 事故數(1945~75年)

	事故數	被曝者數	死亡者數
臨界實驗, 原子炉	13	50	8
密封線源	11	36	8
X-線	1	9	0
粒子加速器	1	3	0
其他	2	7	0
計	28	105	16
內部被曝	15	20	2

## 3. 臨床的 病期와 症狀

가장 일반적인 急性 放射線症候群은 표 2와 같다. 症狀의 輕重, 發病까지의 시간, 病期の 進展度 등은 線量에 의존하며 高線量일수록 症狀는 早期에 發現되며, 發病까지의 시간은 단축된다.

표 2. 急性 放射線 症候群의 臨床病期

病 期	主 症 狀	期 間
前 驅 期	嘔氣, 嘔吐	48 時間 以內
潛 伏 期	症狀 없음	數日부터 2~3 週
發 症 期	脫毛, 造血障害에 의한 感染症, 出血傾向, 高線量에서 설사, 嘔吐의 胃腸管障害, 超 高線量(數千 rad)에서는 中樞神經障害로 서 死亡	2~3 週부터 6 週
回 復 期	症狀改善	8~15 週

### 1) 前驅期(Prodromal phase)

被曝後 48 시간내의 前驅症狀으로서 초기증상이 發現되기까지의 病期이다.

致死範圍 이하부근 線量(亞致死線量)의 중요한 증상은 自律神經系 反應이 개재된 食欲不振, 嘔吐, 피로감, 권태 등이 있다.

嘔氣, 嘔吐가 發現될 때 까지의 시간은 高線量일수록 단축되고 증상은 심해지며 장시간 지속된다.

線量에 대한 前驅症狀 發現까지의 시간과 頻度와의 관계는 그림 1 과 같다.

따라서 前驅症狀은 被曝程度의 指標로 이용되기도 하나, 被曝狀況에 따라 개인의 精神的 因子가 關與되기 때문에 症狀에 대한 精確한 評價는 곤란하다.

예를 들면 多數被曝者의 경우에 他人의 苦痛을 보면 前驅症狀은 精神神經反應에 따라 無力化, 集團嘔吐, 설사 등의 경우가 있고 外傷 또는 火傷을 隨伴하는 경우는 症狀이 더욱 복잡하다.

보다 高線量에서는 침을 흘리고 腹痛, 설사 등의 消化器症狀이 나타나고, 더욱 高線量이면 神經學的 症狀이 나타난다.

예를 들면 感情鈍化, 虛脫, 過度한 興奮運動失調, 發汗, 發熱로 된다.

前驅症狀과 線量の 關係는 致死線量에서 嘔吐의 發症時間은 被曝後 144 ± 66 分에서 가장 頻도가 높으며, 보다 低線量에서는 嘔氣, 嘔吐의 發症頻도가 被曝後 約 6 시간에서 최고이다.

또한 2Gy에서는 일반적으로 症狀發現이 없고, 2~6 시간내 嘔氣, 嘔吐가 發現되더라도 2일이상 계속되지 않는다.

r-線과 중성자의 全身被曝線量 5~6Gy 또는 頭

部被曝線量 8~10 Gy에서 被曝된 生存例에서는 被曝直後에 中樞神經 되는 髓膜症狀이 보여지며, 10Gy의 超過致死線量에서 前驅症狀은 5~15 분내에 시작되고 30 분에서 최대가 된다.

前驅症狀으로서 皮膚紅斑과 結膜炎이 발생되기도 하고 皮膚反應은 線量, 線質, 照射範圍, 部位, 被曝時間 등의 因子에 따라 反應의 Level이 변하여 紅斑, 乾性皮膚剝離, 滲出性皮膚炎, 壞死, 潰瘍形成의 순으로 심각하여지나 前驅期에는 紅斑形態로만 나타난다.

初期紅斑은 高線量일수록 早期에 發現되며, 2Gy 被曝에서의 紅斑은 수시간내 시작되어 수일후에 쇠퇴한다.

매우 高線量 1회 被曝時는 초기의 紅斑은 수분내에 발현되고 그 후 數차례 出沒하나 그의 간격은 일정하지 않다.

紅斑部位의 빈도는 顔面, 頭部, 胸部, 腹部, 大腿, 背部の 順이다.

### 2) 潛伏期(Latent period)

潛伏期은 前驅期로부터 發症期까지의 중간기로서 권태, 또는 피로감을 제외하며 無症期의 기간이다. 이를 일명 小康期(A period of relative well-being) 이라한다.

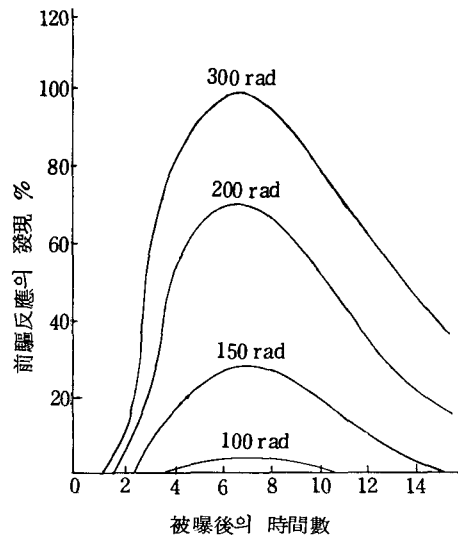


그림 1. 低LET 放射線照射에서 吸收線量を 받았을 때와 人體의 前驅症狀의 推定頻도와 時間的 推移

(A.C. Upton, "Radiation Injury", Chicago, 1969)

潛伏期는 線量에 의존한다.

1.5~4Gy에서 潛伏期는 보통 2~3주간이며, 보다 高線量이면 5일~2週로 단축되며, 數 10Gy에서는 극히 단축되거나 직접 發症期로 이행되기도 한다.

低線量에서는 前驅症狀를 볼 수 없는 것은 輕症例에서는 發症期로 이행되지 않기 때문에 潛伏期로 인지할 수 없다. 그러나 形態生理學상의 潛伏期는 傷害組織인 간세포의 再生低下期에 해당된다.

즉, 放射線 抵抗性的의 成熟細胞는 생존하여 機能을 갖고 있으면서, 發症되지 않는나 간혹 成熟細胞가 壽命이 다되어 간세포로부터 新生細胞의 보급이 단절되면 臟器는 細胞 枯渴상태로서 無機能상태가 되어 發症期로 이행되기도 한다.

### 3) 發症期(Manifest illness)

急性 放射線障害의 主病期로서 脫毛, 또는 造血障害에 따르는 感染症과 出血傾向으로 된다. 보다 高線量에서는 消化管障害로서 嘔吐, 설사, 脫水, 小腸結腸炎 등의 發症으로 나타나며 더욱 高線量이면 中樞神經系障害로서 경련, 運動失調, 嗜眠, 쇼크 등으로 死亡하게 된다.

### 4) 回復期(Recovery stage)

發症期가 지난예는 回復期로 移行한다.

## 4. 被曝線量과 臨床症狀

i) 0.5~0.15Gy ; 前驅症狀는 없어도 臨床檢査에서 有意한 變化가 보이므로 세심한 經過 觀察이 必要한다.

ii) 1.5~4Gy ; 造血障害形의 中等症, 18~20日後 脫毛, 피로감, 惡心, 發熱, 咽頭痛, 2次感染에 의한 粘膜炎, 扁桃腫大와 上氣道感染症의 빈도가 높으며 수일후에는 齒齦出血, 輕症의 紫斑이 보이고 血尿와 下血도 檢出된다.

脫毛는 1~2日間の 頭皮의 壓痛이 先行되고 脫毛의 範圍는 照射線源을 向하는 部分이므로 被曝時의 幾何學的 立體圖形으로 이용하여 線量을 推定하게 된다.

脫毛는 3Gy 이하에서는 發生되지 않고 3.5Gy에서 시작되고, 4.5~6Gy에서 完全脫毛된다.

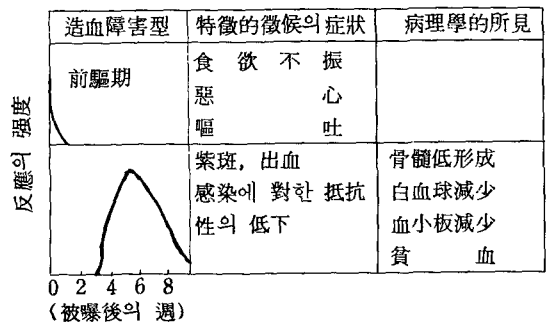
iii) 4~6Gy ; 造血器 障害는 물론 消化器 障害의 症候도 역시 부가되어 심각하다.

약 12~14日 후에 發熱, 潰瘍性 咽頭炎, 수일 중

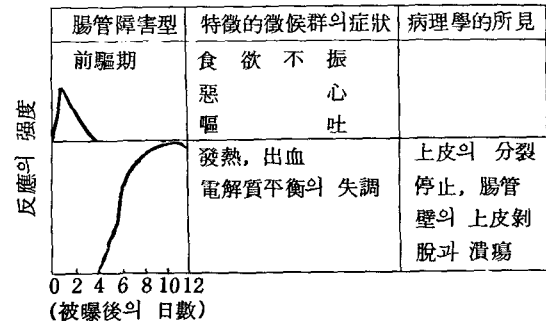
에 高熱, 齒齦出血, 齒芽가 脫落하며 약 16~18日 후는 脫毛되고 현저한 全血球減少症, 骨髓無形成으로 出血傾向이 현저하게 나타나며, 口腔, 皮膚의 紫斑은 斑狀出血로 되고 血便, 血尿가 수반되며 婦人에게는 性器出血도 보인다.

약 28일에는 설사, 脫水에 의한 尿결핍, 電解質 平衡失調 때에 따라 腸管에서 大出血 腸閉鎖症이 發生된다. 輸血 등의 적극적인 治療와 무관하게 25~40日 후 쇼크 또는 昏睡에 빠져 死亡한다.

人體의 急性放射線症候群의 造血障害型의 特徵



急性放射線症候群의 腸管障害型의 特徵



急性放射線症候群의 中樞神經系障害型

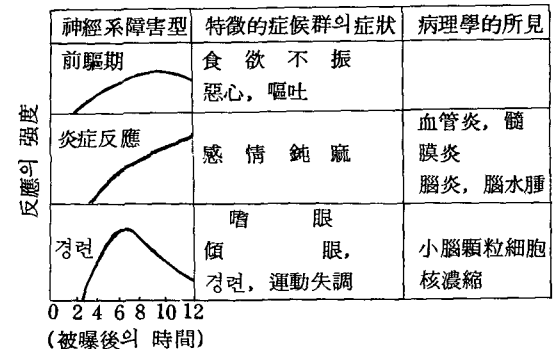


그림 2. 人體의 急性放射線症候群의 特徵 (A.C. Upton, "Radiation Injury," Chicago, 1969, ICRP Pub. 28)

표 3. 急性 全身照射後 發現되는 放射線障害의 症狀, 治療와 豫後

線量의 範圍	100-1,000 rad			1,000 rad 以上		
	治療 範圍 (有效한 治療可能範圍)			致死 範圍		
	0-100rad	100-200 rad	200-600 rad	600-1,000 rad	1,000-1,500 rad	5,000 rad 以上
治療의 必要성과可能性	不 必要 *	臨床的觀察	治療는 效果的	治療可能性	姑 息의 治療	
嘔吐의 發現	없 음	100 rad : 5% 200 rad : 50%	300 rad : 100%	100 %	100 %	
惡心+嘔吐發生까지의 期間	-	3 時 間	2 時 間	1 時 間	30 分	
主 要 器 官	없 음	造 血 組 織			消化官	中樞神經系
特徵的徵候	-	中程度의 白血球減少	심한 白血球 減少, 紫斑, 出血, 感染, 300 rad 以上에서 脫毛	실사, 發熱, 電解質平衡의 失調	痙, 抵, 運動失調, 傾眼	
被曝부터 最重症期까지의 期間	-	-	4~6 週	5~14 日	1~48 時間	
治 療 法	精 神 療 法	精 神 療 法, 血液學的  관찰	輸血, 抗生物質	骨髓移植의 可能性, 白血球, 血小板輸血	電解質平衡의 保持	對症療法
豫 後 回復의 時間	양 호	양 호 數 週	要 注 意 6~8 週, 1~12 개월	要 注 意 長 期 間	不 良	絕 望 的
致 死 率	0	0	0~80 %	80~100 %	90~100 %	-
死 期	-	-	2 个 月	2 个 月	2 週	2 日
死 因	-	-	出血-感染		小腸結腸炎	非可逆의 昏厥, 腦水

\* 臨床觀察必要

文獻: The Principles and General Procedures for Handling Emergency and Accidental Exposures of Workers Annals of the ICRP, Volume, 2, No.1, Pergamon Press, Oxford, 1978.

iv) 6~14 Gy; 모든 臨床經過가 약 15~30일로 단축된다. 胃腸障害가 支配的이나 造血器障害의 重症度로서 生存기간은 극히 짧아 5~8일의 潛伏期로서 嘔吐, 실사, 脫水, 電解質 平衡失調, 高熱, 出血性 胃腸炎에 의한 吐血, 血性실사가 보이며 虛脫, 低血壓性 쇼-크로서 死亡한다.

v) 數 10Gy 이상; 生存期間은 數時間부터 數日이다. 中樞神經 障害가 되면 意識喪失, 運動失調, 경련이 보이며, 高熱이 수시간 지속된 후 저하되며 心血管系 쇼-크로부터 虛脫, 昏睡後 死亡한다.

淋巴球는 數時間內 激減한다.

以上 線量과 症狀 豫後의 상호관계는 표 3과 같다.

### 5. 急性障害의 基本型和 病態生理

急性障害의 基本型으로서 線量과 生體反應관계의 형식은 다음 3種의 症候群 즉, 骨髓症候群, 胃腸症候群

神經筋/血管症候群으로 分類된다.

원래 이러한 3種의 症候群의 分類는 哺乳動物 實驗에서 얻어진 知識으로서 人體에도 同一한 형식이 適用될 것으로 믿고있다.

#### 1) 骨髓症候群 Bone marrow syndrome

造血組織인 骨髓의 傷害가 발생하면 白血球減少(粒球 및 淋巴球減少), 血小板減少 등으로 發症되며 白血球減少의 程度는 線量에 依存한다.

1~2Gy는 臨床症狀發現의 역치선량으로서 中等度 白血球 減少가 일어난다.

3~5Gy는 半致死線量(LD 50)이고, 2~10Gy에서는 中等度 白血球 減少, 紫斑, 出血, 感染症등이 발생한다.

그러나 白血球數는 經過 中 특이한 변동이 보이며, 早期檢査에서는 減少는 인지할 수 없고 一過性 增多 現狀으로 나타나며, 그의 程度는 線量에 比例하므로

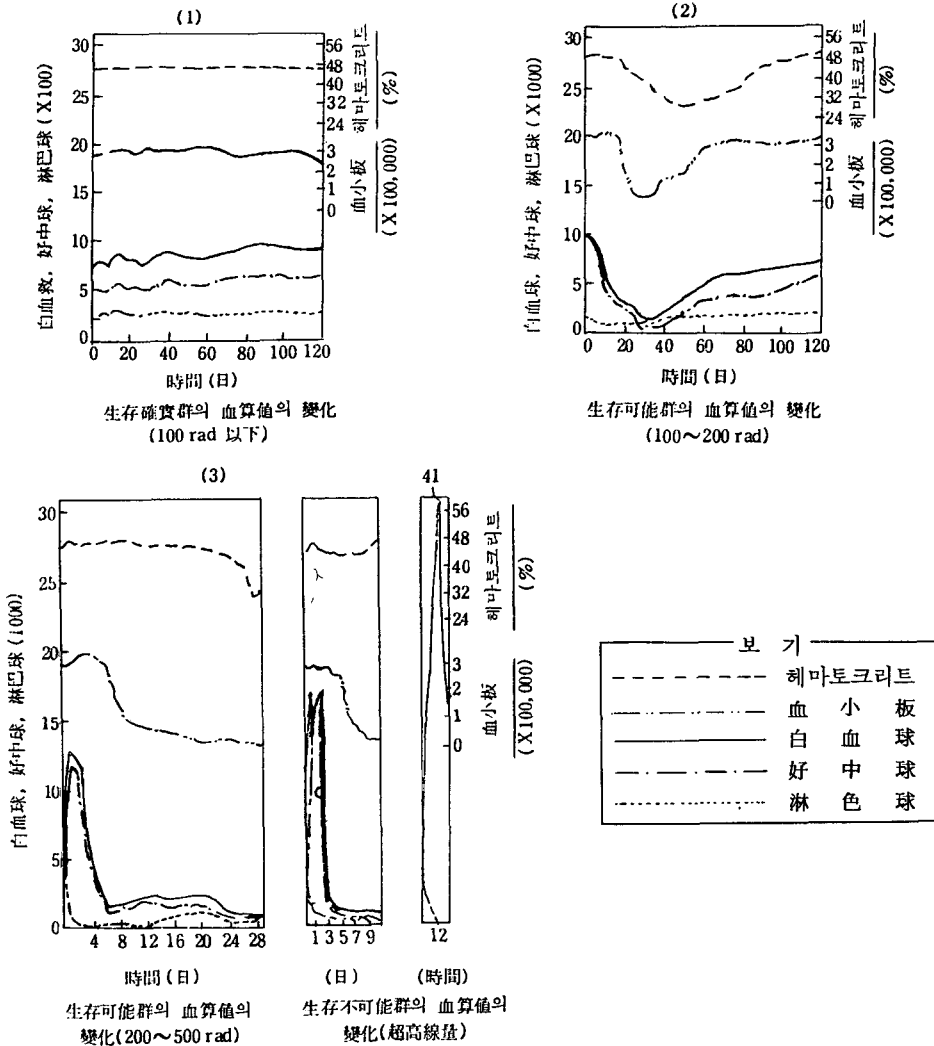


그림 3. 血球數의 經時的 變化

文獻; N. Wald Haematological parameters after acute radiation injury p. 253-264 in Manual on Radiation Haematology IAEA Technical report series No. 123, IAEA vienna, 1971.

注意하게 된다.

骨髓 有核細胞數는 被曝 後 1日에서 1~2Gy는 10~20%, 3~4Gy는 25~30%, 5~7Gy는 50~60%, 8~10Gy는 80~85%로 減少한다.

骨髓細胞 密度의 最低值 2~4Gy는 被曝後 5~7日이고, 5Gy는 被曝後 3~4日이다.

骨髓 無形成期에서는 骨髓浮腫이 보이며 殘存細胞는 放射線 抵抗性인 macrophage, 間質細胞, 血管內

皮細胞 少數의 成熟 顆粒球 好酸球와 淋巴球, 形質細胞 등으로 구성되었다.

被曝事故例에서 集約된 血球減少의 經時的 변화는 그림 3와 같고, 실제의 變動을 기술한다.

(1) 顆粒球數의 變化(그림 4 참조); 好中球數의 變化; 急性被曝後의 顆粒球數는 다음과 같은 經過로서 變動된다.

① 第 1 不全上昇(1st abortive rise)을 隨伴하

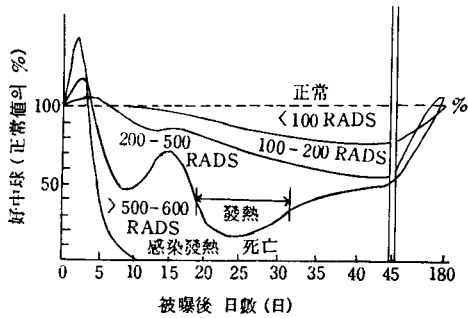


그림 4. 好中球數의 經時的變化  
(N. Wald 제공)

는 遲延期(lag phase)

- ② 第 1 消耗期(1st depletion)
- ③ 第 2 不全上昇期(2nd abortive rise)
- ④ 第 2 消耗期(2nd depletion)
- ⑤ 回復期(recovery phase)

① 遲延期: 被曝直後로부터 顆粒球減少 기간을 의미한다.

1~2 Gy 이상의線量에서는 최초의 2~3일에, 不全上昇이라는 顆粒球의 一過性 增加가 나타나며, 高線量이면 增加率이 높아진다. 이러한 初期不全上昇은 놀랍게도 骨髓靜脈洞 傷害 때문에 骨髓으로부터 순환혈액으로 顆粒球의 一過性放出이 主要因이라 평가되고 있다.

② 第 1 消耗期: 遲延期에 뒤이어 顆粒球가 減少하는 期間이다.

致死線量에서는 被曝 4~5일 후에 시작되며, 約 9일(8~13일)에 最低値에 달한다.

5~6Gy 이상의 高線量에서는 그 期間內에 顆粒球가 激減하여 感染으로 死亡한다.

減少曲線은 指數函數의 減少로서 最低値는 線量에 依存하게 된다.

高線量에서의 減少曲線은 新生細胞의 補給이 없을 때의 顆粒球 半減時間(6.6시간)과 대등하나 실제로는 骨髓增殖 pool로부터 成熟段階의 骨髓成熟 貯藏 pool 細胞로 流入되고, 이로부터 순환혈액내로 流入 經路는 완전히 차단되지 않기 때문에 減少曲線은 완만하다.

그의 근거는 骨髓의 異常細胞가 순환혈액내에 출현하게 되면 이는 骨髓成熟 貯藏pool 細胞는 直接的 細胞死의 證據로서 생각된다.

被曝後 顆粒球 減少가 보이면 경과시간은 被曝 4

~5일 후로 평가되며 이것은 骨髓成熟 貯藏 pool로부터의 供給과 관련된 것이다.

③ 第 2 不全上昇期: 亞致死線量에서의 顆粒球數는 第 1 消耗期 이후에 다시上昇한 후 被曝前値로 돌아오며, 致死線量에서는 再次 一過性 增加가 보이는데 이를 第 2 不全上昇期라 부른다. 開始는 約 10日(8~13日), 最上은 約 15日(10~17日)이며 간혹 단일 peak 뿐만 아니라 몇 가지 波型의 上昇이 보이기도 한다.

이의 機轉은 幹細胞 pool로부터 一部細胞가 骨髓增殖 pool로 流入되고 I에 따른 增殖再開로 인한 것이며, 이때는 幹細胞가 傷害를 받았기 때문에 한정된 增殖能力만으로 一過性 上昇으로 끝난다고 생각되고 있다.

④ 第 2 消耗期: 致死線量에서 顆粒球 減少가 20일 전후에 再開되어 30~35일 후에 最低値로 된다.

이 기간은 第 2 消耗期로서 發熱, 感染을 일으키는 危篤期이다.

顆粒球數는 第 1 消耗期보다 더욱 減少가 현저하며, 그의 機轉은 傷害 幹細胞의 再生이 中止하고 骨髓增殖 pool로의 流入도 삭감되고 순환혈액으로의 供給이 거의 중단된 狀態라 생각된다.

⑤ 回復期: 生存이 가능하면 약 35일 후부터 回復되며 末梢血液의 回復보다 先行하여 骨髓의 再生이 보이며, 骨髓 幹細胞의 回復이 反映된다.

外觀上的 回復은 45~60일 후에 보이나 완전한 회복 시간을 결정하기는 곤란하다.

회복기의 顆粒球數의 변동은 일반적으로 단순하게 正常値 또는 그 이상이 되거나, 일단 정상치가 되면 재차 정상이하로 떨어지는 경우도 있다.

原爆症의 경우, 被曝後 3~4일내 白血球數가 1,000/cmm인 生存者는 극히 적고, 4~5週內 3,000/cmm 이하는 生存여부와는 거의 무관하였다.

(2) 淋巴球數의 변화(그림 5 참조): 血球중 淋巴球는 好中球보다 放射線 高感受性으로서 淋巴球數는 放射線 障害의 指標로서 동일 線量에서 好中球보다 빨리 最低値로 低下한다(그림 6).

1~2 Gy에서 淋巴球數는 48時間內 正常數의 약 50%로 減少되어 約 45일까지 계속된 후 수 개월에 걸쳐 回復된다.

(3) 血小板數의 변화: 血小板數의 最低値의 線量效果는 白血球數 보다 高感受性이며 血小板 減少의 經

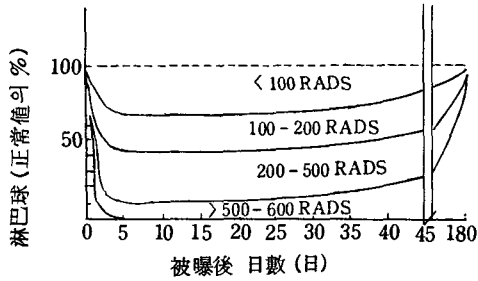


그림 5. 림바球數의 經時的變化 (N. Wald 제공)

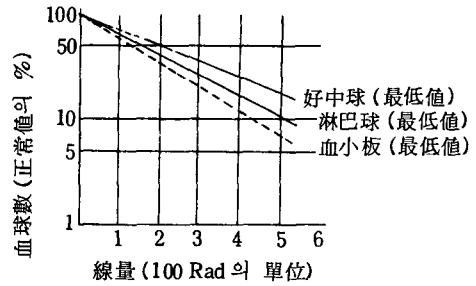


그림 6. 血球의 線量反應關係 (N. Wald 제공)

過變動은 顆粒球 減少經過와 비슷하나 第2不全 上昇期는 隨伴하지 않는다. 1 Gy에서 顆粒球數는 約 30 일에 100,000/cmm으로 減少하고, 6 Gy 이상에서는 약 10~15일에 10,000/cmm으로 된다.

또한 高線量일수록 顆粒球數의 減少는 현저하고 早期에 發現되며, 30,000/cmm이하가 되면 出血이 현저하다(그림 7).

(4) 赤血球數, hematocrit (Hct) 值, hemoglobin (Hb) 量의 變化; 亞致死線量에서 赤血球系는 照射直後 거의 影響이 보이지 않으나 赤血球系 造血幹細胞는 放射線 高感受性으로서 生存率은 1.5 Gy에서 50%이하, 5 Gy에서 1%이하로 低下된다.

成熟 赤血球는 比較的 放射線 抵抗力으로서 壽命도 120일로 길기 때문에 幹細胞로부터의 細胞補給이 중지되더라도 照射直後에는 赤血球數, Hct 值 및 Hb 值는 減少하지 않으므로 그의 測定值는 骨髓障害의 指標로서 이용될 수 없다.

1~2 Gy는 Hct 值가 1~2週내에는 거의 변화가 없으나 그후 서서히 減少하여 5~6週後에 最低值 (28~30%)에 到達된 후 回復된다. 또한, 網赤血球는 24 시간 후 減少하여 10~20일 후 回復된다.

한편 5 Gy에서는 Hct 值는 48 시간내 嘔吐에 의한 血液濃縮으로 上昇한 후 減少하고 網赤血球는 24~28 시간내 완전소실된 후 약 30일간 지속되며 그의 再出現은 骨髓回復의 症候로 인정된다.

## 2) 胃腸症候群(Gastrointestinal Syndrome)

6~15 Gy의 全身 및 腹部 被曝으로 數日부터 2週間に 消化管系 症狀으로서 食慾不振, 食物 또는 水分攝取量 減少, 설사, 마비성 腸閉鎖症, 그로인한 胃內停滯, 腸吸收減退, 脫水, 電解質 平衡失調, 體重減

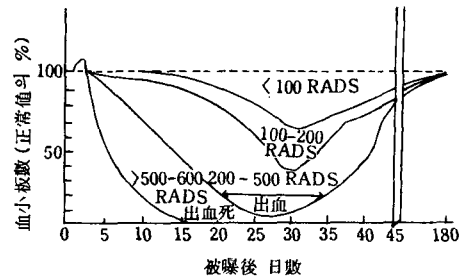


그림 7. 血小板數의 經時的變化 (N. Wald 제공)

소가 나타나며 白血球 減少와 血小板 減少로 인한 感染과 出血이 隨伴되며 發熱, 血性설사가 보인다.

原曝症 死亡의 시간적 經過에서 두 가지로 구분된다.

즉 하나는 6~9일간, 또 하나는 20~40일간이고 前者는 胃腸症候群死, 後者는 骨髓症候群死로 구분된다.

消化管系 症狀은 주로 小腸의 上皮細胞 減少때문이고 그의 原因은 小腸線窩의 再生能力이 喪失되어 腸絨毛尖端의 上皮細胞의 補充이 중단되기 때문이다.

腸絨毛는 上皮細胞의 지체시간이 3~4일이므로 幹細胞로부터 補充되지 않으면 3~4일후 上皮細胞는 減少되어 症狀이 發現된다.

細胞分裂이 왕성한 小腸은 비교적 放射線 高感受性이므로 減少하는 細胞量은 線量에 依存하고, 小腸의 淋巴組織의 破壞도 쉽게 일어난다.

組織學的 所見으로는 非定型性 上皮細胞, 浮腫狀 萎縮性 粘膜炎, 出血斑, 潰瘍 등이다.

### 3) 神經筋·血管症候群(Neuromuscular, Vascular Syndrom)

50Gy 이상의 超高線量에서는 中樞神經系 症狀로서 運動失調, 興奮, 意識障害, 경련, 쇼-크, 昏睡로서 死亡하게 되며, 100 Gy의 r-線과 中性子線 頭部 被曝例에서는 35 시간후 死亡하였고 120 Gy의 全身被曝例에서의 直接死因은 間質性 心筋炎이 보였고 순환계 虛脫이 關與되었다.

한편, 中樞神經系는 放射線 抵抗性 組織이라 생각하고 있으나 放射線治療에서도 알 수 없기 때문에 현재에는 放射線 抵抗性이라고 보지않는 견해도 있으며, 骨髓의 放射線 耐容量은 腦보다 낮다.

病理學的 所見으로는 腦浮腫, 血管透過性的 변화, 血管變化 등이고 超高線量에서는 腦壞死도 발생된다.

### 6. 放射線傷害의 機轉과 放射線 感受性

放射線 照射로서 發生되는 電離電子, 또는 電子的 여기에너지는 細胞內的 核酸 또는 효소 등의 分子가 切斷, 架橋, 立體構造變化 등을 일으키고, 生體는 水溶液系에서는 물의 電離로 인한 酸素活性種 Radical 을 생성하고, 그 중 OH은 각종 단백질의 아미노酸殘基와 반응하여 단백질構造를 변화시키고, 또한 脂質 過酸化 등에 의한 生體膜에 생기는 損傷으로 DNA 合成 또는 修復을 阻害한다고 알려져 있으나 放射線에 의한 傷害機轉에는 이보다 복잡하다.

放射線感受성에 관련된 Bergonie-Tribondeau 법칙(1906)은 細胞分裂頻도가 높을수록, 細胞分裂回수가 클수록, 未分化일수록 感受성이 높다.

近年에는, 細胞 Cycle 과 感受性的의 관계에서 組織은 F型和 H型的의 2型으로 區分되고 있다.

F型(flexible, 順應型)인 것은 肝實質, 眞皮, 內皮 등이 포함된다.

예를 들면, 간은 細胞分裂 頻도는 낮으나 간을 部分切除하면 分裂頻도가 증가하고 放射線感受성이 높아진다.

H型(hierarchil type, 階層型) 細胞를 更新하는 幹細胞가 分裂, 分化하여 成熟細胞로 되는 各段階의 細胞로 구성된 組織으로서 骨髓, 胃腸管粘膜炎, 表皮, 고환 등이 이에 속한다.

F型的의 成熟細胞는 分裂能이 없고, 放射線低感受性인 반면, H型 未分化된 前驅細胞는 數次에 分裂能을

갖고 있기 때문에 放射線에 의한 分裂期死로서 放射線 高感受性이다.

分裂期死는 線量과 照射後의 細胞分裂回數의 函數 關係에 있다.

### 7. 臨床 檢査

血球檢査는 매우 重要하다. 더욱이 顆粒球- 淋巴球數의 比率, 그리고 血小板數에 주목되고, 특히 淋巴球는 染色體 分析에 의하여 被曝線量을 測定하고 Hct 値는 脫水의 指標가 된다.

生化學的 檢査에서 尿試料는 組織의 分解에 의한 아미노산 分析, Creatinine, 그리고 尿糖을 測定하고, 血液으로는 血糖, 細胞損傷으로 생기는 Creatinine, DNA分解產物인 β아미노酪酸(BA/BA), deoxycytidine, 그리고 LDH, SGOT, SGPT 등의 血清 효소이상을 확인한다.

2次的 障害로서의 脫水와 그것에 隨伴된 電解質 平衡失調는 豫後에 큰 영향을 주기 때문에 電解質測定이 必要하게 되며 경우에 따라 幹細胞 培養分析을 하고 被曝 數日後에는 精子數를 測定한다.

精子數의 消失은 生殖腺의 吸收線量이 數百 rad 이 상에서 나타난다.

皮膚變化는 칼라사진으로 追跡하고 胸部의 高線量 被曝은 心電圖와 心臟血管系의 檢査가 必要하고, 全身의 高線量, 주로 頭部被曝시는 神經學的 檢査와 腦波 檢査를 하게 된다.

### 8. 治 療

放射線障害에 대한 特異的 治療法은 없다.

2Gy 이하 被曝시는 精神療法과 상태에 따른 鎮靜劑投與, 그리고 臨床的 觀察로서 自然回復을 기대하겠으나, 白血球減少에는 抗生劑의 豫防的投與, 그리고 상황에 따라 無菌室에 收容한다.

汚染된 경우는 除染處置와 隔離하지 않으면 안된다.

2~6Gy 被曝은 感染, 出血에 대한 抗生劑投與, 無菌室에 收容, 白血球, 血小板의 成分輸血을 한다. 嘔吐가 보이면 脫水와 電解質 平衡失調에 유의하며, 補液과 電解質補正을 하고, 설사가 있으면 重篤性 障害이므로 補液과 電解質 平衡을 유지하도록 유의하여야 한다.



또한, 6~10 Gy 被曝은 成分輸血은 물론 骨髓移植을 考慮하여야 하며 數 10 Gy 이상이면 對症療法에 依存하게 된다.

그러나 被曝線量の 確定이 늦기 때문에 臨床症狀, 血液檢査 結果로부터 신속하게 診斷하고 治療對策에는 LD50 値, 3.5 Gy 被曝者가 대상이 되겠으나 그 이상에 대하여도 處置, 治療하면 5 Gy 에서도 어느정도 救命이 가능하다고 생각하고 있다.

### 참 고 문 헌

1. N. Wald Haematological Parameters after Acute Radiation Injury. p.252-264 in: Manual on Radiation Haematology.
2. IAEA Technical Report Series No. 123 IAEA. Vienna, 1971.
3. NCRP report No. 65 Management of Persons Accidentally Contaminated with Radionuclides.
4. IAEA Safety Series No. 47. Early Medical Treatment of Possible Radiation Injury.
5. 平嶋邦猛, 醫療の立場かうみた最近の放射線事故例, 日本原子力學會誌, Vol 22, No 5, 1980.
6. 安本正, 放醫研の緊急被曝醫療對策, 日本原子力學會誌, Vol. 25, No. 7, 1983.
7. 中尾應, 放射線事故時の緊急被曝醫療, 日本原子力學會誌, Vol. 28, No. 11, 1986.
8. ICRP Publication 28. Volume 2. No. 1 (1978). The Principles and General Procedures for Handling Emergency and Accidental Exposures of Workers.
9. W. Daggett Norwood, M.D., Charles C. Thomas. Publisher (1975). Health Protection of Radiation Workers.