韓放技學誌, Vol. 8, No.2, 1985.

코발트-60 감마線 照射가 흰쥐의 血液成分 및 數種 酵素의 活性에 미치는 影響

東南保健專門大學 放射線科

李 相 奭

Abstract

Effects of Cobalt-60 Gamma Ray Irradiation on Blood Cells and Enzyme Activity of Albino Rats

Sang Suk Lee

Dept. of Radiotechnology, Dong Nam Healthy Junior College, Kyungki-do, Korea

This paper was aimed to study the effects of Cobalt-60 gamma ray irradiation on Albino rat blood cells and the activity of enzymes were measured using blood cell auto analyzer (Cell-Dyn 900) and enzyme autoanalyzer (Gilford 3500), respectively.

Cobalt-60 gamma rays those are grouped into 200R, 400R, 600R, 800R, 1,000R, 1,200R, 1,300R, 1,400R, 1,500R and 1,600R to the rats of male and female and measured the numeral varieties of blood corpuscles of the rats and the active varieties of enzyme of acid, alkaline phosphatase (ACP, ALP), lactic acid dehydrogenase (LDH), glutamic oxaloacetic transaminase (GOT) and glutamic pyruvic transaminase (GPT) those came out after 1, 3, 5 or 7 days.

The results are summarized as follows:

1. In both case of male and female, the numeral varieties of the erythrocytes, in the 200R group of irradiation showed the minimum value in the 3 days group and a tendency of increase in the 5 and 7 days groups, while the numeral varieties of the leucocytes in every groups of irradiation showed a tendency of a rapid decrease after a day.

   The numeral varieties of the blood platelet in both case of male and female didn't show generally any great change in a day and 3 days groups, but showed a rapid decreasing appearance after the 5 days.
2. In both case of male and female, the activities of ACP were on the decrease gradually after 3 days of the irradiation and the activities of ALP were on the decrease after 5 days.

* 본 論文은 李相奭의 理學博士 學位論文임.

Similarly in both case of male and female, the activities of LDH showed the decrease after 3 and 5 days, and the phenomenous of GOT showed an appearance of increase in a day, but decreased after 3 days.

As for the GPT activities couldn't find any great change in the male rats in comparison with the control groups, but in the female rats a tendency of the increase in 600R, 800R, 1,000R groups after 3 days.

3. In the case of the irradiation of high quantity of ray more than 1,200R, all rats died after 4 days, and by the irradiation of 1,600R all rats died after 3 days, and it showed the sensitive response of a living body to the irradiation of high quantity.

目 次

Ⅰ. 緖 論
Ⅱ. 實驗材料 및 方法
Ⅲ. 結 果
1. 血液成分의 變化
1) 赤血球數의 變化
2) 白血球數의 變化
3) 血小板數의 變化
2. 酵素의 活性變化
1) Acid·alkaline phosphatase의 活性 變化
2) Lactic acid dehydrogenase의 活性 變化
3) Glutamic oxaloacetic transaminase·glutamic pyruvic transaminase의 活性 變化
Ⅳ. 考 察
Ⅴ. 要 約
參考文獻

Ⅰ. 緖 論

原子力 時代에 살고 있는 우리는 放射線을 광범위하게 利用하고 있고 農學, 工學, 그리고 醫學등의 各 分野에서의 利用度는 날로 增加하고 있다.

이에 따라 生體 내에서 일어나는 生理的 變化에 의한 障害는 重要한 問題點으로 대두되고 있다.

最近 放射線에 대한 安全管理에 관심을 가지면서, 人體와 放射線 吸收 효과가 비슷한 實驗動物群을 대상으로 生體反應, 血液의 變化, 體液 內 酵素의 生理的 變化를 測定하여 放射線 診斷 및 治療時 障害防禦에 安全을 얻고자 外國에서는 물론 國內에서도 研究가 계속되고 있다.

放射線의 生體反應 중 細胞에 대한 初期 研究는 Bergonie와 Tribondeau(1906)에 의하여 이루어졌는데, 形成過程과 放射線의 感受性을 관련시킨 報告에서 細胞活性이 가장 活潑한 部位, 細胞의 新生能力이 큰 部位, 細胞의 分裂過程이 긴 部位, 형태적 기능적 분화의 정도가 얕은 部位, 그리고 유약세포일수록 放射線의 感受性은 크다고 하였다.

Mirimova(1956)는 生後 6週 이상의 흰쥐에 250 roentgen(R), 500R, 1,000R의 放射線을 照射한후 4~5日에서 血小板의 數가 減少하였다고 報告하였다.

Faleeva(1959)는 생쥐에 X線을 400R, 700R, 1,000R 照射 후 처음 1~4時間부터 白血球의 數가 減少하기 始作하여 3~4日 후에 최소치를 보이다가 서서히 회복하여 12日째에 正常으로 되었다고 하였다.

Pontifex와 Lamerton(1960)은 흰쥐에 每日 200, 100, 60, 50, 30, 15 rads의 X線을 6日間 照射한 결과 血小板의 數가 減少하였다고 報告하였다.

Rugh와 Pardo(1963)는 3群의 생쥐(6週, 4個月, 14個月)에 300R의 X線을 照射한 후 12週間 觀察한 結果, 14個月의 암컷에서는 赤血球 數의 回復이 저조하였고, 白血球 數는 모든 實驗群의 생쥐에서 48時間에 豫想된 減少를 나타내어 12週에 이르러도 正常으로 회복되지 않았다고 하였다. 그리고 헤모그로빈値, 血小板 數도 減少하였으며 48時間에 14個月된 흰쥐에서 임파구 감소가 가장 많았으며 回復力도 적어 12週째에는 정상 수준의 49%에 머물렀다고 報告하였다.

Hulse(1960)는 X線을 全身 照射한 생쥐의 急性 放射線 效果를 調査하기 위하여 照射 후 24時間의 總白血球 數 및 放射線 照射線量에 따르는 血球의 변화상을 報告한 바 있고, Carsten과 Noonan(1964)은 흰쥐에 750R의 X線을 全身 노출시 50% 死亡을 일으켰다고(LD_{50} = 750) 報告하였다.

Tribukait(1965)는 흰쥐에 410R의 X線을 照射한 結果, 照射 후 헤모그로빈値와 赤血球 數가 점진적으로 減少하여 11日에서는 正常値의 75%에 도달하고 6週 후에는 正常値로 되었다고 報告하였다.

Nam과 Chang(1969)은 흰쥐에 360 rads의 ^{60}Co-γ線을 全身 照射하여 methylene blue가 放射線에 대하여 防禦效果가 있음을 報告하였다.

Kang(1971)은 400R의 X線을 흰쥐에 全身照射하여 血液 내 多量의 deoxycytidine(cdR) 流出이 DNA 合成과 分野에 어떤 영향을 주는가를 보기위해 간, 지라 및 胸腺에 대한 DNA 合成 및 分解率을 測定하였다.

趙 等(1971)에 의하면 생쥐에 全身 照射하기 전, cortison의 處理는 血清蛋白質의 放射線 感受性을 減少시켜 放射線 防禦效果가 있다고 報告하였다. Sung과 Cheong(1975)은 생쥐에 Cobalt-60 gamma線을 全身 照射하여 그 혈액상에 미치는 영향에 관해 報告한 바 있다.

Gupta 等(1976)은 흰쥐에 malathion을 放射線과 함께 使用했을 때와 分離해서 處理했을 때의 여러 조직에서 혈당과 혈장 내 전해질, 글리코겐 함량변화에 대한 研究를 報告하였고, Flory와 Neuhaus(1976)는 흰쥐의 간에서 數種의 아미노산에 대한 수송체계의 특징을 發表하였다.

Thithapandha 等(1979)은 흰쥐의 숫컷에 700~1,000 rads의 γ線을 全身 照射했을 때 혈장 호르몬의 수준은 점차 減少하였으며 최소치는 放射線 照射後 4~6日 안에 이루어졌고 10日 후에 정상치가 되었다고 하였다.

Tokhiyan과 Mkrtchyan(1979)은 흰쥐에 600R의 X線을 照射하고 火傷을 입히면 혈액 내 포도당과 근육속의 글리코겐이 減少되고 혈액내 pyruvate와 lactate는 정상 수준 이상이 되어 活動力이 減少된다고 하였으며, Gray 等(1980)은 흰쥐에 1回의 全身 放射線 照射가 血清 수준과 甲狀腺 호르몬의 運動性에 미치는 영향을 研究하여 800 rads의 使用量으로 T_4호르몬 수준에 減少를 일으켰으며 750 rads로 T_3호르몬에 유사한 效果를 나타낸다고 報告하고 있다.

Komov와 Kirillova(1980)는 흰쥐에 800 rads의 放射線을 照射하면 선별적으로 간에서 aldorase의 形成과 파괴율이 增加된다고 하였다.

Sarkar 等(1982)은 成體 흰쥐의 숫컷에 4Gy와 10Gy의 γ線을 全身 照射 후 1, 3, 6日째의 血清속 몇몇 금속에 대한 研究 結果에서 혈장 Ca는 初期에 致死量이 增加하였으나 그 후에는 減少하였으며 反面에 혈장 Mg은 두 群 모두에서 초기에 감소하였고 照射 후 6日째 되는 날에는 正常에 이르렀다고 報告하였다. Krizala 等(1982)은 Wister系 쥐의 숫컷을 사용하여 cystamine이 放射線 보호물질임을 研究 報告한 바 있다.

Meena 等(1978)은 酵素의 活性 變化를 보기 위하여 endrin을 정상 흰쥐와 放射線을 照射한 쥐에 단 한번 투여하고 관찰하였던 바 endrin이 혈장 glutamic oxaloacetic transaminase(GOT)와 glutamic pyruvic transaminase(GPT)를 增加시켰고, ATP와 acid·alkaline phosphatase, succinic-dehydrogenase, glucose-6-phosphatase등은 처리 후 2~48時間 사이에 減少한다고 하였다.

Itoh 等(1980)은 ^{60}Co gamma線에 의한 흰쥐의 간과 혈청속의 alkaline phosphatase, lactate dehydrogenase에 미치는 영향에 대하여 報告하였으며, Lee 等(1982)은 생쥐에 100~600R의 X線을 全身 照射한 후 당대사에 관여하는 phosphoglucomutase(PGM) 活性度의 變化를 간장, 신장, 근육에서 관찰한 바 PGM 活性度는 照射 직후 일반적으로 減少하는 경향을 나타내었다고 하였다.

Litovchenko(1983)는 흰쥐에 放射線을 照射한 후 1~3日에는 白血球에 있는 酵素의 活性度가 正常보다 2~3倍 增加하였으나 7日과 15日에는 정상보다 2倍나 감소하였으며 30日에는 正常 범위였다고 報告하였다.

Lu 等(1983)은 흰쥐에 전자파선(microwave)을 照射할 때 alkaline phosphatase와 LDH는 增加하지 않았으나 GOT, GPT는 照射 후 24時間에 增加가 나타났다고 하였으며, Elkina와 Maksutova(1983)에 의하면 흰쥐의 간과 혈청에서 alkaline phosphatase, GOT, GPT에 대한 γ線 照射와 ^{239}Pu의 效果를 調査한 결과 7日째에서 간의 GPT活性은 正常値 이하로 떨어졌고 30日에서 부터 다시 增加하여 180日후에는 完全히 회복되었다고 報告하였다.

ctrophotometer 415 nm에서 吸光度를 測定하였다. 그리고 血清自體의 色을 補正하기 위하여 시험관에 0.2 *ml* 血清과 0.1N-NaOH 6*ml* 넣고 혼합 후 415 nm에서 吸光度를 측정하여 補正하였다.

Alkaline phosphatase 活性度는 Bessey-Lowry 法(Bessey et al., 1946)으로 試藥은 15.0mM *P*-nitrophenyl phosphate, 3.0mM magnesium ions 및 완충액(pH 10.4 ± 0.05)을 사용하여 酵素 自動分析器(Gilford-3500)로 測定하였다. 測定 條件은 파장 405 nm, 온도 30 ℃, 표본 준비시간 2～3 *sec*, 표본량 20 *ul*, 시약량 1.0 *ml*, 인자 5,440이였다.

6) Lactic acid dehydrogenase(LDH)의 活性度 測定

LDH活性度 測定은 자외선 測定法(Henry, 1974)으로 血清 중의 LDH에 의해 lactic acid와 NAD 에서 生成하는 NADH를 340 nm에서 測定하였다. 試藥은 6.3mM NAD, 60mM L-lactate 및 완충액(pH 8.9 ± 0.1)을 使用하여 酵素 自動分析器(Gilford-3500)로 파장 340 nm, 온도 30 ℃, 표본 준비시간 2～3 sec, 표본량 50 *ul*, 시약량 1.0 *ml*, 인자 3,333과 같은 條件에서 測定하였다.

7) Glutamic oxaloacetic transaminase(GOT)와 glutamic pyruvic transaminase(GPT)의 活性度 測定

GOT와 GPT 活性度 測定은 자외선 測定法(Henry, 1974)으로 측정하였다. GOT는 血清에 기질 L-aspartate와 α-ketoglutarate를 加하여 반응을 시켜 一定 時間 후 生成된 oxaloacetate를 malate dehydrogenase에 의해 환원시키고 malate가 된 후 同時에 일어난 NADH의 活性減少를 340 nm에서 吸光度를 測定하였다. GOT試藥은 12mM 2-oxoglutarate, 200mM L-aspartate, 0.2mM *nicotinamide adenine dinucleotide*(reduced), 800U/L lactate dehydrogenase, 600 U/L malate dehydrogenase와 완충액(pH 7.8 ± 0.1)을 使用하였고 酵素 自動分析器(Gilford-3500)로 파장 340 nm, 온도 30 ℃, 표본 준비시간 3～4 sec, 표본량 0.1 *ml*, 시약량 1.0 *ml*, 인자 1,746과 같은 條件에서 測定하였다.

GPT는 血清에 기질(L-alanine과 α-ketoglutarate)을 加하여 反應을 시켜 一定 時間 후 生成된 pyruvate를 lactic dehydrogenase에 의해 환원시키고 lactate가 된 후 同時에 일어난 NADH의 活性 감소를 340 nm에서 吸光度를 測定하였다.

GPT試藥은 300mM L-alanine, 완충액(pH 7.6 ± 0.1)과 그외 試藥은 GOT와 동일하게 使用하였고 酵素 自動分析器(Gilford-3500)로 파장 340 nm, 온도 30 ℃, 표본 준비시간 3～4 sec, 표본량 0.1 *ml*, 시약량 1.0 *ml*, 인자 1746과 같은 條件에서 測定하였다.

測定値의 單位는 acid phosphatase는 U/L이며 그외는 모두 I.U/L이다.

Ⅲ. 結　果

흰쥐에 Cobalt-60 gamma 線을 照射한 결과 1,200 R 이상의 高線量照射에서는 4日 후 全部 致死하였으며 1,600R 照射에서는 3日후 전부 치사하여 本調査에서는 1,000R 이하의 실험군만을 대상으로 하

Table 1. The change of erythrocytes in rats irradiated by ^{60}Co γ-ray

(unit : $\times 10^6$ / 1mm³)

Irradiated amount(R)	day	sex	
		male	female
0		7.75 ± 0.91	6.53 ± 0.63
200	1	7.03	8.56
	3	6.28	5.92
	5	6.45	6.54
	7	6.69	7.60
400	1	6.61	6.24
	3	5.76	3.19
	5	5.52	6.27
	7	7.00	6.68
600	1	7.26	6.94
	3	6.40	6.38
	5	6.21	6.17
	7	6.83	6.10
800	1	8.10	5.75
	3	5.75	6.34
	5	5.92	7.37
	7	6.14	3.82
1000	1	6.66	6.86
	3	6.20	9.89
	5	8.25	9.82
	7	4.93	4.84

R : *roentgen*

여 赤血球, 白血球, 血小板 등의 血液成分 變化와 acid·alkaline phosphatase(ACP, ALP), lactic acid dehydrogenase(LDH), glutamic oxaloacetic transaminase(GOT), glutamic pyruvic transaminase(GPT)등의 酵素 活性의 變化를 測定한 結果는 다음과 같다.

1. 血液成分의 變化

1) 赤血球數의 變化

對照群과 實驗群間의 赤血球 數의 變化는 Table 1, Fig. 1, 2와 같이 표시하였다.

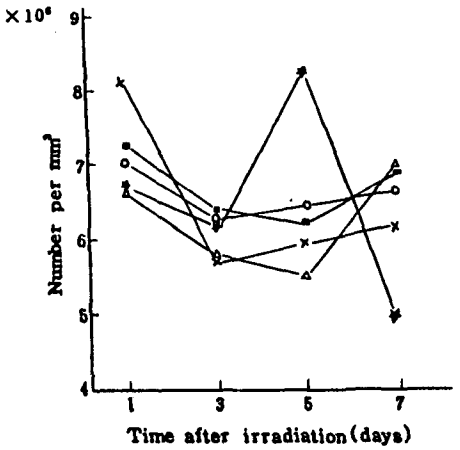

Fig. 1. The changes of the number of erythrocytes in the male rat irradiated by ^{60}Co r-ray

o—o : 200R △—△ : 400 R ■—■ : 600R
×—× : 800 R ★—★ : 1000R

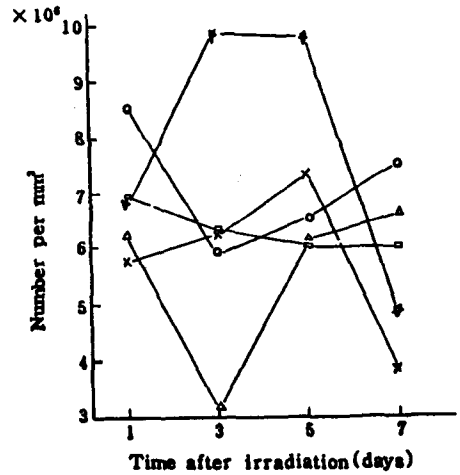

Fig. 2. The changes of the number of erythrocytes in the female rat irradiated by ^{60}Co r-ray

o—o : 200R △—△ : 400 R ■—■ : 600R
×—× : 800 R ★—★ : 1000R

對照群의 赤血球 數는 숫컷과 암컷에서 7.75±0.91과 6.53±0.63이었으며, 線量에 따라 照射 후 1, 3, 5, 7日에서의 赤血球 數의 變化는 200R照射에서 암수 모두 3日에서 5.92와 6.28로 最低値를 나타내고, 400R 照射에서는 숫컷에서 5日群이 5.52, 암컷에서는 3日群에서 3.19의 最低値를 보이며, 600R 照射에서는 숫컷이 5日群(6.21), 암컷에서는 7日群(6.10)이 낮았고, 800R에서는 숫컷이 3日群(5.75), 암컷에서는 7日群(3.82), 그리고 1,000R에서는 암수 모두 7日에서 4.84와 4.93으로 最低値를 나타내었다.

2) 白血球數의 變化

對照群과 實驗群 간의 白血球 數의 變化는 Table 2, Fig. 3, 4와 같이 표시하였다.

Table 2. The change of leucocytes in rats irradiated by ^{60}Co γ-ray

(unit : $\times 10^3$ /1mm³)

Irradiated amount (R)	day	sex	
		male	female
0		8.15±1.12	6.7±0.86
200	1	1.1	1.5
	3	1.2	0.8
	5	3.8	2.8
	7	2.7	4.3
400	1	1.3	0.7
	3	0.5	0.4
	5	0.7	0.8
	7	1.7	0.7
600	1	0.9	3.1
	3	0.7	0.3
	5	0.9	0.3
	7	0.6	0.4
800	1	1.3	1.4
	3	1.4	0.2
	5	0.2	0.2
	7	0.3	0.1
1000	1	1.1	1.0
	3	0.4	0.3
	5	0.2	0.4
	7	0.6	0.6

R : roentgen

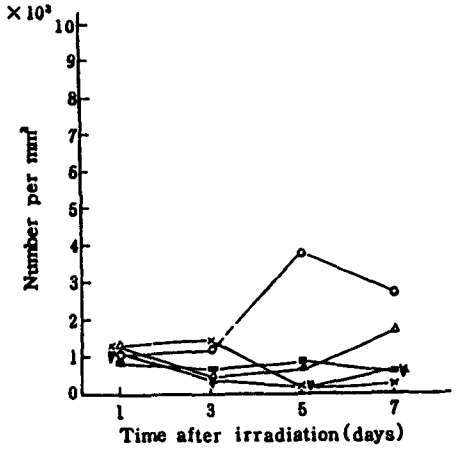

Fig.3. The changes of the number of leucocyte in the male rat irradiated by ^{60}Co r-ray

o–o : 200R　　Δ–Δ : 400 R　　■–■ : 600R
×–× : 800 R　　★–★ : 1000R

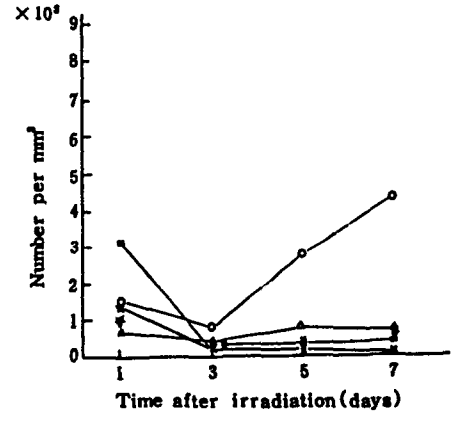

Fig.4. The changes of the number of leucocyte in the female the irradiated by ^{60}Co r-ray

o–o : 200R　　Δ–Δ : 400 R　　■–■ : 600R
×–× : 800 R　　★–★ : 1000R

對照群의 白血球 數는 암수가 각각 6.7±0.86과 8.15±1.12였으며 實驗群에서는 숫컷이 200R 照射에서 1日群(1.1), 400R에서는 3日群(0.5), 600 R에서는 7日群(0.6), 800R에서는 5日群(0.2), 1000 R에서는 5日群(0.2)에 最低値를 나타내었고, 암컷에서는 200R에서 3日群(0.8), 400R에서 3日群(0.4), 600R에서는 3日群(0.3)과 5日群(0.3), 800R에서는 7日群(0.1), 그리고 1,000R에서는 3日群(0.3)이 最低値를 보였다.

Table 3. The change of platelets in rats irradiated by ^{60}Co γ-ray

(unit : × 10^3 /1mm³)

Irradiated amount (R)	day	sex	
		male	female
0		904 ± 82.7	832.5 ± 166
200	1	772	914
	3	896	908
	5	845	11,300
	7	582	642
400	1	548	910
	3	828	794
	5	526	637
	7	203	359
600	1	4,300	991
	3	805	699
	5	499	617
	7	129	210
800	1	12,300	956
	3	956	794
	5	197	569
	7	101	22
1000	1	837	803
	3	12,600	947
	5	131	366
	7	19	66

R : roentgen

3) 血小板數의 變化

對照群과 實驗群 간의 血小板 數의 變化는 Table3, Fig.5, 6 과 같이 표시하였다.

對照群의 血小板 數는 숫컷에서 904±82.7 이었고 암컷은 832±166 이었다. 實驗群은 200R 照射群에서 숫컷은 3日群이 896이고 7日群이 582로 가장 적었으나, 암컷에서는 5日群이 11,300으로 높은 數値를 나타내나 7日群에서는 642로 낮아졌다. 400R 照射群에서는 숫컷이 3日群(828), 암컷은 1日群(910)이 높고, 암수 모두 7日群이 각각 359와 203으로 가장 낮았다. 600R群에서는 1日群에서 암수가 991과 4,300으로 숫컷이 암컷에 비해서 4倍나 높았고, 3日 이후 점점 낮아져서 7日群에서는 암수가 각각 210과 129로 가장 낮았다. 800R 照射群에서는 1

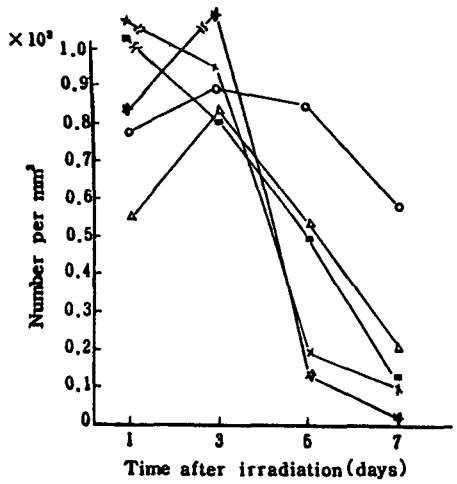

Fig.5. The changes of the number of platelet in the male rat irradiated by ^{60}Co r-ray

o—o : 200R Δ—Δ : 400 R ■—■ : 600R

×—× : 800 R ★—★ : 1000R

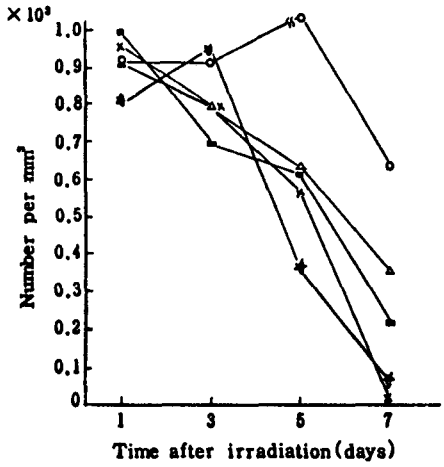

Fig.6. The changes of the number of platelet in the female rat irradiated by ^{60}Co r-ray

o—o : 200R Δ—Δ : 400 R ■—■ : 600R

×—× : 800 R ★—★ : 1000R

Table 4. The change of acid and alkaline phosphatage activity in rats irradiated by ^{60}Co γ-ray

(unit : U/L) (unit : I.U/L)

Irradiated amount (R)	day	acid phosphatase		alkaline phosphatage	
		male	female	male	female
0		2.64 ± 0.92	2.83 ± 0.43	136 ± 86.6	140 ± 62.9
200	1	2.92	3.00	109	89
	3	2.06	1.34	87	101
	5	2.16	2.44	179	39
	7	1.58	2.68	117	77
400	1	3.80	3.26	133	48
	3	1.80	1.80	57	30
	5	1.82	2.24	58	51
	7	1.40	0.98	69	79
600	1	4.68	4.06	110	44
	3	2.54	1.96	53	44
	5	1.88	1.88	55	29
	7	0.90	0.98	67	34
800	1	3.64	3.26	118	38
	3	4.00	1.82	70	63
	5	1.96	1.52	42	20
	7	0.88	0.98	38	37
1000	1	1.92	1.62	66	48
	3	2.30	2.26	108	57
	5	1.52	1.98	23	26
	7	2.22	1.52	34	30

R : roentgen

日群에서 암컷(956)과 숫컷(12,300)에서 높은 값을 보이나 3日 이후 점점 낮아져서 7日群에서는 암수가 각각 22 와 101로 낮아졌다. 1,000R群에서는 3日群이 숫컷(12,600)과 암컷(947)에서 가장 많았고 역시 7日群에서는 암수 각각 66과 19로 가장 낮은 값을 나타내었다.

2. 酵素의 活性變化

1) Acid·alkaline phosphatase (ACP·ALP)의 活性變化

對照群과 實驗群 간의 ACP·ALP의 活性度 變化는 Table 4, Fig. 7, 8, 9, 10과 같이 표시하였다.

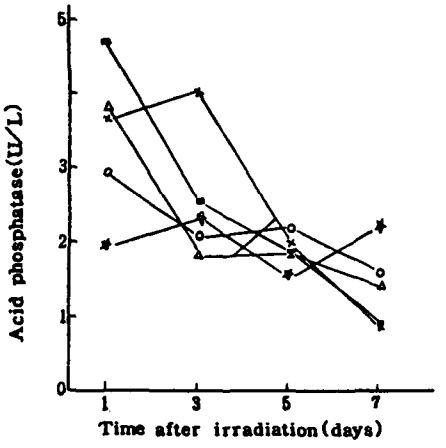

Fig. 7. The changes in of the activity of acid phosphatase in the male rat irradiated by ^{60}Co r-ray

o–o: 200R Δ–Δ: 400R ■–■: 600R
×–×: 800R ★–★: 1000R

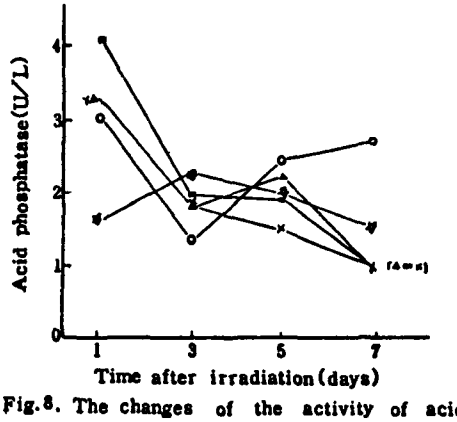

Fig. 8. The changes of the activity of acid phosphatase in the female rat irradiated by ^{60}Co r-ray

o–o: 200R Δ–Δ: 400R ■–■: 600R
×–×: 800R ★–★: 1000R

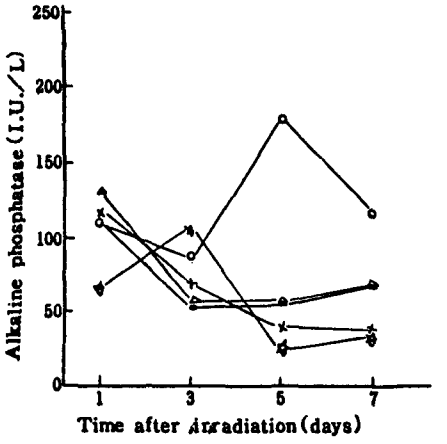

Fig. 9. The changes of the activity of alkaline phosphatase in the male rat irradiated by ^{60}Co r-ray

o–o: 200R Δ–Δ: 400R ■–■: 600R
×–×: 800R ★–★: 1000R

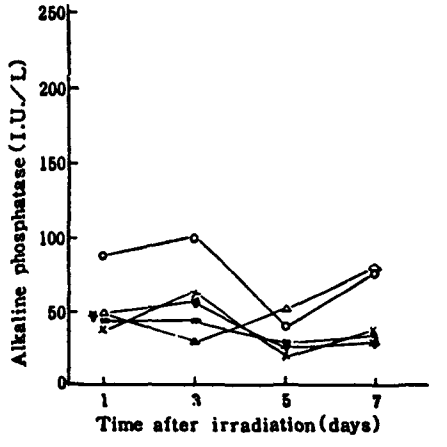

Fig. 10. The changes of the activity of alkaline phosphatase in the female rat irradiated by ^{60}Co r-ray

o–o: 200R Δ–Δ: 400R ■–■: 600R
×–×: 800R ★–★: 1000R

ACP의 活性度는 숫컷에서 2.64±0.92와 암컷에서 2.83±0.43을 나타냈다. 實驗群에서는 200R 群에서 숫컷은 7日群(1.58)이 가장 낮았으나, 암컷에서는 3日群(1.34)이 가장 낮았다. 400R 群에서는 암수 모두 7日群에서 각각 0.98과 1.40으로 가장 낮았으며, 600R 照射群에서는 암수가 각각 7日群에서 0.98과 0.90으로 낮은 값을 보이고 800R 群에서도 암수 각각 0.98과 0.88로 7日群에서 가장 낮았다. 1,000R 照射群에서는 숫컷이 5日群에서 1.52, 암컷

에서는 7日群에서 1.52로 가장 낮았다.

ALP의 활성도는 대조군에서 숫컷이 136±86.6, 암컷이 140±62.9이었다. 實驗群에서는 200R 照射群에서 숫컷은 3日群(87), 암컷은 5日群(39)에서 가장 낮았으며, 400R 照射群에서는 숫컷이 3日群(57)에서 가장 낮았으나 암컷에서는 3日群(30)에서 가장 낮은 반면 7日群(79)에서는 가장 높았다. 600R 照射群에서는 숫컷이 3日群(53)에서, 암컷은 5日群(29)에서 가장 낮았다. 800R 照射群에서는 숫컷이 7日群(38)에서, 암컷은 5日群(20)에서 가장 낮았다. 그리고 1,000R 照射群에서는 암수 모두 3日群에서 각각 57과 108로 가장 높은 반면, 5日群에서 암수 각각 26과 23으로 가장 낮은 값을 나타내었다.

2) Lactic acid dehydrogenase (LDH)의 活性變化

對照群과 實驗群 간의 LDH活性度 變化는 Table 5, Fig.11, 12와 같이 표시하였다.

Table 5. The change of lactic acid dehydrogenage activity in rats irradiated by ^{60}Co γ-ray

(unit : I.U/L)

Irradiated amount (R)	day	sex	
		male	female
0		881.5±467.9	732.7±411.4
200	1	1,186	844
	3	912	549
	5	592	661
	7	489	3,160
400	1	1,202	733
	3	832	689
	5	598	709
	7	163	140
600	1	1,916	1,635
	3	1,198	921
	5	774	534
	7	139	167
800	1	1,209	1,167
	3	1,750	326
	5	370	358
	7	127	14
1000	1	900	439
	3	696	240
	5	156	381
	7	137	53

R : roentgen

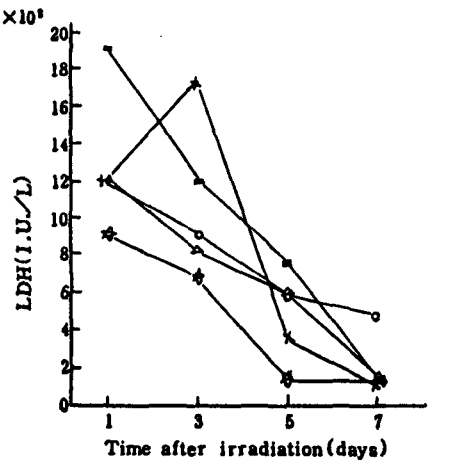

Fig.11. The changes of the activity of lactic dehydrogenase the male rat irradiated by ^{60}Co r-ray

o–o : 200R Δ–Δ : 400 R ■–■ : 600R
×–× : 800 R ★–★ : 1000R

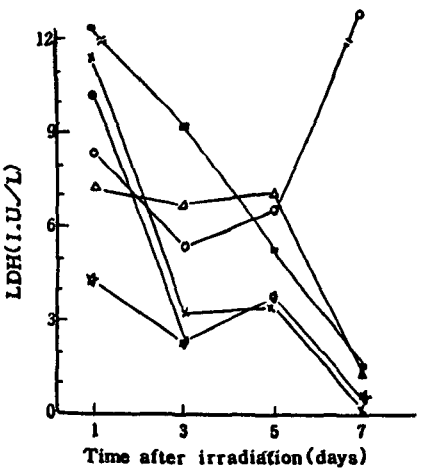

Fig.12. The changes of the activity of lactic dehydrogenase the female rat irradiated by ^{60}Co r-ray

o–o : 200R Δ–Δ : 400 R ■–■ : 600R
×–× : 800 R ★–★ : 1000R

對照群의 LDH 活性度는 숫컷에서 881.5±467.9, 암컷에서는 732.7±411.4를 나타냈다. 實驗群에서는 200R 照射群에서 숫컷이 1日群(1,186)에서 가장 높은 값을 보이고 7日群(489)에서 가장 낮은 값을보였으나 암컷에서는 7日群에서 3,160으로 對照群에 比해서 4倍 정도의 높은 값을 보였고, 3日群에서는

549를 나타냈다. 400R 照射群에서는 1日群에서 암수 각각 733과 1,202로 가장 높고 7日群에서는 암수 각각 140과 163으로 가장 낮았다. 600R 照射群에서는 암수 모두 7日群에서 각각 167과 139로 가장 낮았으며, 800R 照射群과 1,000R照射群에는 7日群에서 모두 가장 낮았는데 800R 對照群에서는 암수 14와 127로 암컷이 아주 낮았고 1,000R 照射群도 암수 53과 137로 암컷이 매우 낮았다.

3) Glutamic oxaloacetic transaminase(GOT), glutamic pyruvic transaminase(GPT)의 活性變化

對照群과 實驗群 間의 GOT, GPT 活性度의 變化는 Table 6, Fig.13,14,15,16과 같이 표시하였다.

對照群의 GOT의 活性度는 숫컷에서 88.5±14.4, 암컷에서 94.5±24.9이었다. 實驗群에서 200R 照

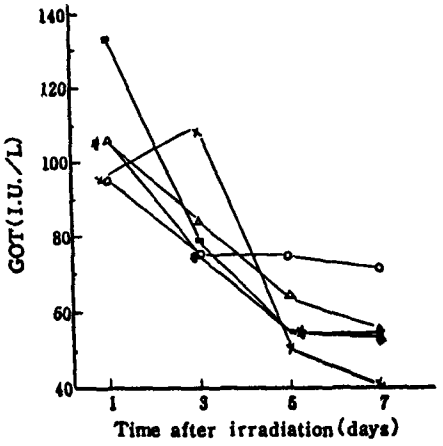

Fig.13. The changes of the activity of glutamic oxaloacetic transaminase in the male rat irradiated by ^{60}Co r-ray

o—o : 200R　　Δ—Δ : 400 R　　■—■ : 600R
×—× : 800 R　　★—★ : 1000R

Table 6. The change of glutamic oxaloacetic transaminase(G.O.T) and glutamic pyruvic transaminase activity in rats irradiated by ^{60}Co γ-ray

(unit : I.U/L)

Irradiated amount(R)	day	GOT		GPT	
		male	female	male	female
0		88.5 ± 14.4	94.5 ± 24.9	50.8 ± 7.4	49.8 ± 10.8
200	1	96	94	34	34
	3	75	69	28	30
	5	75	62	40	27
	7	72	15	40	10
400	1	106	83	41	26
	3	84	70	52	26
	5	64	73	27	40
	7	55	45	39	32
600	1	133	110	40	26
	3	79	92	18	58
	5	54	56	30	23
	7	54	41	58	33
800	1	96	110	35	38
	3	110	99	29	71
	5	51	52	32	33
	7	40	109	34	215
1000	1	106	82	56	33
	3	75	127	51	95
	5	54	103	49	40
	7	53	39	51	47

R : roentgen

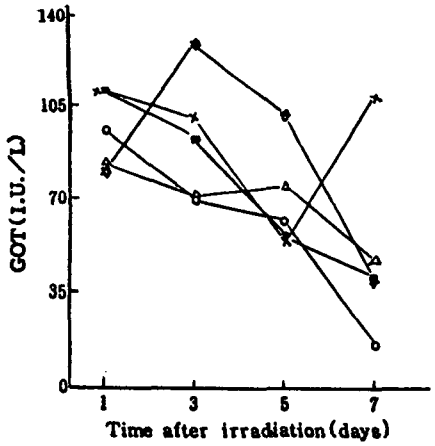

Fig.14. The changes of the activity of glutamic oxaloacetic transaminase in the female rat irradiated by ^{60}Co r-ray

o—o : 200R　　Δ—Δ : 400 R　　■—■ : 600R
X—X : 800 R　　★—★ : 1000R

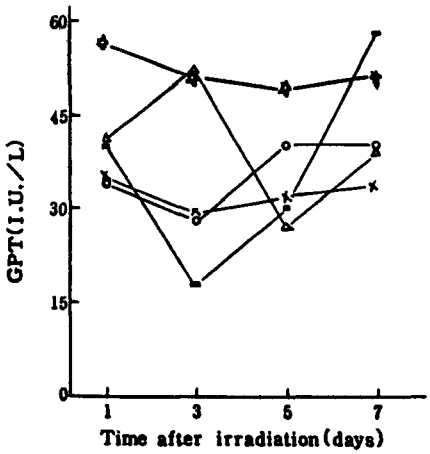

Fig.15. The changes of the activity of glutamic pyruvic transaminase in the male rat irradiated by ^{60}Co r-ray

o—o : 200R　　Δ—Δ : 400 R　　■—■ : 600R
X—X : 800 R　　★—★ : 1000R

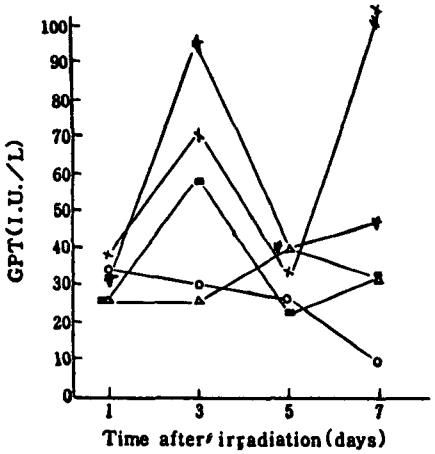

Fig.16. The changes of the activity of glutamic pyruvic transaminase in the female rat irradiated by ^{60}Co r-ray

o—o : 200R　　Δ—Δ : 400 R　　■—■ : 600R
X—X : 800 R　　★—★ : 1000R

射群에서는 암수가 각각 15와 72로 7日群에서 가장 낮았으나 암컷에서 숫컷보다 1/4정도로 훨씬 낮았다. 400R 照射群에서는 암수 모두 7日群에서 각각 45와 55로 낮았고, 600 R 對照群에서도 7日群에서 암수 각각 41과 54로 가장 낮았다. 그리고 800 R 照射群에서는 숫컷이 3日群에서 110으로 가장 높았고, 7日群에서 40으로 낮아졌으나 암컷에서는 1日群에서 110, 5日群에서 52로 가장 낮아졌다가, 7日群에서는 109로 상승하였다. 1,000R 照射群에서는 숫컷에서 1日群(104)이 가장 높고, 3日群, 5日群에 이르면서 점점 낮아져서 7日群(53)에서 가장 낮은 값을 나타냈으며, 암컷에서는 3日群에서 127, 5日群에서 103으로 나타나고 7日群에서 39로 가장 낮은 값을 보였다.

GPT의 活性度는 對照群의 숫컷에서 50.8±7.4이고 암컷에서는 49.8±10.83을 나타냈다. 實驗群에서는 200R 照射群에서 숫컷은 3日群(28)에서 가장 낮았으나, 5日群(40)과 7日群(40)에서 높아졌으며, 암컷에서는 1日群(34)이 가장 높으나 점점 낮아져서 7日群(10)에서 가장 낮았다. 400R 照射群은 숫컷에서 5日群(27)에서 가장 낮고, 암컷에서는 1日群(26)과 3日群(26)에서 가장 낮았으나 5日群에서는 40으로 높아졌다. 600R 照射群에서는 숫컷에서 7日群(54)이 가장 낮았고, 암컷에서는 3日群(58)이 가장 낮았다. 800R 照射群에서는 숫컷에서 3日群(29)과 암컷에서 5日群(33)이 가장 낮았다. 1,000R 照射群에서는 숫컷에서 3日群(51)이 가장 낮으나 암컷에서는 1日群(33)에서 가장 낮고 3日群(95)에서 가장 높게 나타났다.

Ⅳ. 考　察

Cobalt-60 gamma 線 照射가 흰쥐의 血球의 數的 變

化와 acid·alkaline phosphatase, lactic acid dehydrogenase, glutamic oxaloacetic transaminase, glutamic pyruvic transaminase 등의 酵素 活性에 미치는 影響을 測定한 결과는 性別, 照射線量, 照射 후의 回復能力, 酵素의 種類에 따라 多樣한 變化를 나타내었다.

Rugh와 Pardo(1963)는 生後 6週, 4個月 및 14個月 된 3群의 암컷 마우스에 300R의 X線을 全身照射하였을 때 赤血球 數는 照射 후 48時間부터 2週까지 점차 減少하였고 그후 점진적으로 회복하기 시작하여 照射 후 12週만에 生後 6週群은 正常値로 회복되었고 生後 4個月과 12個月 群은 각각 正常値의 85% 및 70%까지만 회복되었다고 報告하였다. 또 Carsten과 Noonan(1964)은 生後 3～4個月된 흰쥐에 750R의 X線을 全身 照射한 결과 hemoglobin 値는 照射 후 3日부터 減少하기 시작하여 8日에 最低値를 나타내다가 그후 점진적으로 회복되었으나 照射후 27日에도 完全히 회복은 되지 않았다고 하였다.

本 硏究에서 對照群과 實驗群의 경우 Cobalt-60 gamma 線 照射量에 따른 赤血球 數의 變化는 200R 照射群에서는 암수 모두 3日群에서 最低値를 보이나 5日群과 7日群에 이르면서 增加하는 경향을 보였으며 400R 照射群에서는 숫컷群에서 5日群, 암컷에서 3日群에서 가장 낮았다. 800R 照射群에서는 숫컷에서 3日群, 암컷에서 7日群에서 가장 낮고, 1,000R 照射群에서는 암수 모두 7日群에서 가장 낮았다.

또한 Sung(1973)은 어린 토끼를 재료로 Cobalt-60 gamma 線의 外部 全身照射가 혈액상과 成長率에 미치는 影響을 연구 보고하였다.

放射線 照射量이 높을수록 赤血球의 減少率이 增加하는 이유는 照射線量의 증가에 따라 골수 細胞는 크게 손상되고 赤血球의 生成 機能도 比例的으로 낮아지며, 血小板數도 비례적으로 낮아져 毛細血管의 損傷은 赤血球流出을 더욱 증가시킬 뿐만 아니라 大量出血을 일으키기 때문이라고 하였다.

이와같이 高線量의 照射에서 回復이 늦어지는 이유는 損傷을 입은 골수 조직이나 毛細血管의 機能 회복이 늦어지기 때문이라고 하였는데 本 實驗에서는 비교적 높은 照射線量인 800R의 경우 3日에 급격한 減少와 5, 7日에 완만한 증가현상을 나타내었다. 이와같은 증가현상의 差異는 實驗에 사용한 實驗 動物의 特異性에 따른 대사현상과 照射線量에 따른 生體反應의 差異라고 생각된다.

Helde等(1958)은 토끼에 放射線을 照射하여 照射量의 增加에 따라 白血球의 減少 경향도 커진다고 하였으며, Harris(1958)는 guinea pig에 γ線을 照射하여 임파구 수가 減少됨을 報告하였고, Faleeva(1959)는 흰 생쥐에 X線을 400R, 700R, 1,000R, 照射한 결과 照射 후 처음 1～4日에 最小値를 보이다가 점진적으로 회복하여 12日에는 正常値에 到達하였다고 하였다.

Rugh와 Pardo(1963)는 흰 생쥐에 300R의 X線을 全身 照射한 결과 48時間에서 임파구수의 減少가 가장 뚜렷하였다고 報告하였다.

또한 Lowrey와 Bell(1964)은 生後 12週된 돼지에 450R의 γ線을 全身 照射한 결과 白血球數가 照射 후 급격히 減少하여 4日에서 最低値를 나타냈다고 하였다. 다만 56日이 지난 후 正常値의 75%까지 회복되었다고 하였으나 本 實驗에서는 모든 實驗群에서 급격히 감소하는 현상을 나타내었고, 또한 7日 이후의 實驗을 시도하지 않아서 회복현상은 관찰할 수 없었다. 그리고 Carsten과 Noonan(1964)은 대부분의 포유동물에서 全身 急性 照射에 따른 死亡의 一次的 原因은 대개 조혈장해, 위장장해, 중추신경 장해에 기인하며 이는 照射線量의 크기에 좌우된다고 하였다. 그리고 이들은 生後 3～4個月된 쥐에 750R의 X線을 照射한 결과 白血球數가 照射後 1日에 약간 增加하는 경향을 보였으나 그후 급격히 減少하여 照射 후 3日에는 말초혈액에서 찾아보기 힘들 정도로 減少하여 그후 약간 회복되었다고 하였다.

그외 쥐에 X線을 照射 후 말초 임파구의 變化에 대한 비슷한 硏究가 있었다(Stojanovic, *et al.* 1968, Berke *et al.* 1969).

血小板의 對照群과 實驗群과의 變化는 Table 3에서 보는 바와 같이 600R 照射群의 숫컷인 경우 1日에 급격한 增加를 나타냈다가 대체로 암수 모두 1日과 3日에는 큰 變化를 보이지 않았고 5日群 이후에 급격히 감소하는 경향을 보였다. Mirimova(1956)는 生後 6週 이상의 쥐에 250R, 500R, 그리고 1,000R의 放射線을 照射할 때 4～5日내 血小板의 數가 減少하였다고 報告하였으며 Pontifex와 Lamerton(1960)은 쥐에 매일 200, 100, 60, 50, 30, 15 rads의 X線을 6日間 照射하였더니 血小板의 數가 減少하였다고 報告하였다.

또한 Rugh와 Pardo(1963)는 생쥐에 300R의 X線을 照射할 때 血小板의 數는 지속적인 減少가 일어났고, 3群 중(6週, 4個月, 14個月), 14個月된 생쥐

는 가장 저조한 회복능력을 나타내었다고 했으나 本 實驗에서는 장기적인 관찰이 이루어지지 않아서 회복 상태는 볼 수 없었다. Kang(1971)은 400R의 X線을 흰쥐에 全身 照射시켜 放射線에 의해서 尿와 血液 내에 多量의 deoxycytidine(cdR)이 流出되는 것은 DNA 合成과 分解에 어떤 關係가 있는가를 보기 위해 간, 지라 및 胸腺에 대한 DNA合成 및 分解率을 測定하였다. DNA合成率은 胸腺의 경우 照射 후 1～3日에 가장 심한 抑制현상을 나타냈으며 회복도 아주 늦게 일어남을 볼 수 있었는데 반하여 간은 分解도 덜 일어났으며 회복도 아주 빨리 일어남을 알 수 있었다. 이와같은 결과는 各種 장기의 放射線 感受性의 差와 再生能力의 差에 의해서 나타남을 알 수 있고 cdR의 流出量의 增加는 放射線에 의한 DNA의 合成 抑制와 DNA分解 促進의 두 가지 要因으로 추정되고 있다.

Acid·alkaline phosphatase, LDH, GOT, GPT 등의 酵素活性은 變化의 變異幅을 볼 수 있는데 acid phosphatase 活性은 對照群과 實驗群에서 Table 4, Fig. 7, 8과 같이 變化하였으며 γ線 照射후 모든 實驗群에서 3日부터 약간 減少를 나타내었으며, alkaline phosphatase 活性은 放射線 照射 후 5日에서 減少현상을 보였으며 암수 모두에서 7日에 미약한 증가현상을 나타내었다(Table 4, Fig. 9,10).

Nandchahal 等(1982)은 생쥐에 gamma線을 照射하여 소장에서 acid phosphatase의 活性을 調査하였는데 점진적으로 增加하여 1日에서 最高의 活性을 나타내었다고 하였으며 放射線에 의한 조직의 障害는 加水分解에 의하여 acid phosphatase의 活性은增加한다고 하였다.

本 實驗에서도 照射線量에 따른 다소의 差異는있으나 1日에서의 增加현상은 비슷한 변이를 나타내었다.

Engström等(1981)은 흰쥐의 골격에 X線을 照射하여 alkaline phosphatase의 活性을 報告하였는데 照射후 1日에서 alkaline phosphatase의 活性은 減少하였고 對照群과 照射 후 30日 되는 實驗群 사이에는 差異가 없다고 하였다.

本 實驗에서는 5日에서 減少현상을 나타내었고 7日후에는 다소 회복하는 傾向을 나타내었다.

Lactic acid dehydrogenase 活性度 變化는 Table 5, Fig.11,12에 표시하였는데 LDH는 동물의 대사중 lactate를 pyruvate로 轉換시키는 重要한 촉매작용을 한다. LDH는 간, 신장, 근육등의 조직에서 變異를 보이며 특히 심장으로부터는 5個의 同位酵素가 分離되었고 심근에서 LDH_1, 간에서 LDH_5가 分離되었다. 一般的으로 LDH의 活性은 빈혈증에서 상승하며 신장질환에서 LDH의 活性은 增加하는 경향을 보였다(Tietz, 1976).

本 實驗의 LDH活性度는 숫컷에서 모든 실험군이 照射후 1日과 3日에 약간의 增加를 보이다가 5日에서 減少를 보였고 암컷에서는 200R 照射群에서 7日群이 對照群보다 무려 4倍 이상이나 增加하는 현상을 나타내었으나, 다른 群에서는 1日에서 약간의 增加를 나타내었다가 2日群에서 점차 감소하여 7日群에서는 가장 낮은 값을 보였다. Morgan等(1983)은 흰쥐에 *Cobalt-60 gamma*線과 *cadmium*을 照射하여, LDH의 活性度를 비교 調査하였는데 Co-60 γ線은 LDH의 活性을 增加시켰고, cd과 같이 處理했을 때는 酵素의 活性은 變化가 없었고 그 分子的 機作은 알 수 없다고 하였다. LDH만의 증가는本 實驗에서도 初期에는 증가하여 이와 잘 一致하고 있다.

Reithman과 Frankel(1957)은 glutamic oxaloacetic 아미노기 전달효소는 asparatate α-ketoglutarate 기질액에 혈청액을 加하면 아미노기가 轉移되어 oxaloacetate와 glutamate가 生成된다고 하였으며 glutamic pyruvic 아미노기 전달 효소는 alanino-α-ketoglutarate 기질액에 作用하여 pyruvate와 glutamate를 생산하며 oxaloacetate와 pyruvate에 2,4-dinitrophenylhydrazine을 加하여 hydrofone을 만들고 alkali를 加하면 적갈색을 나타낸다고 報告하였다.

GOT와 GPT는 임상의학에서 重要한 아미노기 전달 酵素로 측정되며 각 조직에 널리 분포되어 있는 酵素로서 正常 血液에서는 저농도로 나타난다. 그러나 이와같은 酵素가 많이 분포되어 있는 심근, 간, 조직 등의 血液에 어떤 질병이 나타나면 이 아미노기 전달 酵素의 活性은 크게 增加한다(Tietz, 1974). 따라서 放射線 照射에 의한 GOT, GPT의 活性 變化의 硏究는 큰 의의를 가진다.

本 實驗에서 glutamic oxaloacetic transaminase의 活性度 變化는 Table 6과 같이 암컷에서는 다소 불규칙하지만 숫컷에서는 각 照射群의 1日에서 對照群과 비슷하거나 다소 높고 3日群 이후 차차 감소하는 경향을 나타내었다. 그리고 glutamic pyruvic transaminase 活性의 變化는 각 照射群에서 큰 차이는 없으나 암컷의 800R과 1,000R 照射群에서 많은 增加를 보인 것과 800R 照射群의 7日에서 對照群보다 4倍 이상 增加한 것 외에는 1日群에서 부터 점점 감소하

는 경향을 보였다.

Meena 等(1978)이 酵素 活性의 變化를 測定하기 위하여 endrin을 正常의 흰쥐와 放射線을 照射한 흰쥐에 단 한번 투여한 후 觀察하였는데 endrin이 혈장의 GOT와 GPT를 增加시켰고, acid와 alkaline phosphatase 活性은 處理 후 2～48時間 사이에서 높은 減少率을 나타내었다고 하였고 Tokhiyan과 Mkrtchyan (1979)은 흰쥐에 600R의 X線을 照射시키고 火傷을 입히면 血液의 pyruvate와 lactate는 正常 수준 이상이 되어 活動力이 떨어진다고 하였다.

Lu 等(1983)은 쥐에 電子線 照射時 alkaline phosphatase와 LDH의 活性의 變化는 增加하지 않았으나 GOT, GPT는 24時間에서 增加가 나타난다고 報告하여 本 硏究와 一致하는 경향을 보였다. Elkina와 Maksutova(1983)는 간과 血淸에 alkaline phosphatase, GOT, GPT의 活性에 대한 γ線 照射와 ^{239}Pu의 效果에 대한 報告에서 7日째의 간의 GPT作用은 正常値 이하로 떨어졌고 30日에서 부터 다시 增加하기 始作하여 180日 후 회복되었다고 報告하였는데 本 實驗에서는 長期的인 實驗値가 없기 때문에 회복현상은 관찰할 수 없었다. 이상의 酵素 活性을 考察해 보면 여러 硏究者들의 報告와 本 硏究가 一致하는 경향을 보였으나 약간의 差가 생긴 것은 動物의 種類에 따라 放射線의 耐性이 다를뿐 아니라, 같은 種類라도 成長率과 體重에 따라 다르며 同一 條件下에서의 放射線 照射도 영양 섭취와 攝食 정도에 따라 회복능력에는 差異가 난다고 생각된다.

그외 Krebs와 Brauer(1965)는 매일 分割照射되는 放射線에 대한 생쥐의 半致死線量을 5日에서 60日 사이의 期間을 두고 測定 報告한바 있고, Miquel 等(1966)은 放射線이 생쥐의 phosphoglucomutase 活性度에 미치는 영향에서 포유동물이 放射線에 照射되면 代謝過程 중 포도당으로부터의 글리코겐合成은 抑制되지 않으나 글리코겐에서 포도당으로의 轉換이 抑制되기 때문에 放射線에 照射된 動物의 조직 속에는 글리코겐의 含量이 增加된다고 밝히고 있다. 또한 Little 等(1969)에 따르면 포유동물에 準致死量 가까운 放射線을 照射하면 lactate dehydrogenase 등의 酵素를 除外한 대부분의 6탄당 해당과정에 관여하는 酵素들이나 Kreb's 回路의 水素離脫酵素들은 그 活性度가 抑制되며 조직내의 ATP量도 減少되지만 이와는 반대로 AMP와 ADP의 量은 增加된다고 하였다.

이상의 考察을 綜合해 볼 때 放射線 照射量에 따라 血球 減少量 및 酵素의 活性度가 다르며 照射 후 一定 期間이 지나면 회복현상을 보이는 것으로 나타나 있으나 本 實驗에서는 장기적인 관찰이 이루어지지 않아서 앞으로 放射線 照射量에 따른 장기적 실험을 통해서 血球 및 各種 酵素들의 정상 회복양상을 관찰해야 될 것으로 사료된다.

V. 要 約

암수 흰쥐에 Cobalt-60 gamma線을 200R, 400R, 600R, 800R, 1,000R, 1,200R, 1,300R, 1,400R, 1,500R, 1,600R 照射群으로 나누어 1日, 3日, 5日, 7日후에 나타나는 血球의 數的 變化와 acid·alkaline phosphatase(ACP·ALP), lactic acid dehydrogenase (LDH), glutamic oxaloacetic transaminase(GOT), glutamic pyruvic transaminase(GPT) 등의 酵素 活性의 變化를 測定한 결과 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 赤血球 數의 變化는 200R 照射群에서 암수 모두 3日群에서 最低値를 나타내고 5日群과 7日群에 이르면서 增加하는 傾向을 보였으며, 白血球 數의 變化는 모든 照射群에서 1日群 以後 급격히 減少하는 경향을 나타내었다. 그리고 血小板의 數的 變化는 대체로 암수 모두 照射後 1日과 3日에는 큰 變化를 보이지 않지만 5日 이후에 급격한 감소현상을 보였다.
2. ACP의 活性度는 암수 모두 照射後 3日에서부터 점진적으로 減少하였고, ALP의 活性度는 照射後 5日부터 減少하였다. LDH活性度는 암수 모두 3日, 5日부터 減少하였다. GOT 活性度는 암수 모두 1日에는 증가현상을 나타내었다가 3日에서부터 減少하였다. 그리고 GPT活性度는 숫컷은 對照群에 比하여 큰 변동을 볼 수는 없었다. 암컷에서는 600R, 800R, 1,000R에서 3日 이후 增加된 傾向이다.
3. 1,200R 이상의 高線量 照射에서는 4日후 全部 致死하였으며 1,600R 照射에서는 3日後 全部 致死하여 高線量의 照射에는 민감한 生體 反應을 나타내었다.

參 考 文 獻

1. **Bergonie, J. and L. Tribondeau. 1906. Action des rayons X sur le testocile.**

Arch. d'electr. Medicale, 14, 779-791, 823-846, 874-883, 911-927.

2. Berke, H. S., Wilson, G. H. and E.S. Berke. 1969. Size distribution changes in periphcral lymphocytes of the rat after X-irradiation. Radiat. Res., 37, 181-191.
3. Bessey, O.A., Lowry, O.H. and M.J. Brock. 1946. A method for the rapid determinnation of alkaline phosphatase with five cubic millimeters of serum, J. Boil. Chem., 164, 321.
4. Carsten, A.S. and T.R. Noonan. 1964. Hematological effects of partial-body and whole-body X-irradiation in the rat. Radiat. Res., 22, 136-142.
5. 趙 貞, 崔國憲, 南相烈. 1971. γ線에 照射된 마우스의 血清蛋白質에 미치는 cortisone의 影響, 韓國動物學會誌, 14(3), 119-124.
6. Elkina, N.L. and A. Ya. Maksutova. 1983. Change in activity of aminotransferase and alkaline phosphatase in rats after the combined effect of plutonium-239 and external r-radiation. Radiobiologiya. 23(4), 516-519.
7. Engstrom. H., Turesson. I. and J. Waldenstrom. 1981. The effect of 50 KV X-ray irradiation on the alkaline phophatase activity of growing rat bone. Int. J. Radiat. Biol., 40(6), 659-663.
8. Faleeva, Z.N. 1959. The effect of X-rays on the peripheral blood of white mice. Zhur. Biol., 24, 74-96.
9. Flory, W. and O.W. Neuhaus. 1976. Induced transport of amino acids in rat liver after whole-body r-irradiation. Radiat. Res., 68, 138-147.
10. Gray, W.M., Orr, J.S. and W.A. Ratcliffe. 1980. The effects of whole-body irradiation on the serum levels and kinetics of thyroid hormone in rats. Int. J. R. Radiat. Biol., 37(6), 653-660.
11. Gupta, P.K., Dhar. U., Kapoor. V. and S.R. Bawa. 1976. Effect of cholinesterase inhibitor malathion on whole body irradiation. Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology 16(6), 219-224.
12. Harris, P.F. 1958. Changes in thymus and lymph node activity, and alterations in bone marrow lymphocyte levels during recovery of the guinea pig from whole body gamma-irradiation. Birt. J. Exp. Path., 39, 557-572.
13. Helde, M., Wahlber. T., Foressberg, A., Swedin, B., Clemedson, C.J. and A. Nelson. 1958. Radiation dose measurements and leucocyte count in rabbits. Acta radiol., 50, 477-489.
14. Henry, R.J. 1974. Clinical chemistry principles and techniques, Harper and Row, Publishers, Inc., Second Edition New York. pp. 829.
15. Hulse, E.V. 1960. The total white cell count of the blood as an indicator of acute radiation damage and its value during the first few hours after exposure. J. Clin. Path, 13, 37.
16. Itoh, Y.H. Ayakawa, Y. and N. Miyata. 1980. Effects of 60CO. r-ray local irradiation on rat liver on alkaline phosphatase, lactate dehydrogenase and catalase in the liver and serum. Aichi Ika Daigaku Igakkai Zasshi 8(8), 244-251.
17. Kang, M.S. 1971. Postirradiation synthesis and degradation of D.N.A. in various tissues of Rats. Kor. J. Zool, 14(4), 199-204.
18. Komov, V.P. and N.V. Kirillova. 1980. Effect of radiation on the biosynthesis and molecular heterogencity of aldose in the blood and liver of rats. Radiologiya, 20(1), 14-18.
19. Krebs, J.S. and R.W. Braure. 1965. Accumulation of lethal irradiation doses by fractionated exposure to X-rays. Radiat., 25, 480-488.
20. Krizala, J. Stoklasova, A. Kovarova,

H. and M. Ledvina. 1982. The effect of r-irradiation and cystamine on super oxide dismutase activity in the bone marrow and erythrocytes of Rats. Radiat. Res., 91, 507-515.

21. Lee, K.S., Kim, S.R. and Y.J. Kim. 1982. Radiation effects on the phosphoglucomutase activities in the Mouse. Kor. J. Zool., 25(4), 179-185.
22. Litovchenko, I.N. 1983. 5-Nucleotidase activity in leukocytes, erythrocytes and blood serum of rats during radiation sickness. Radiobiologiya, 23(2), 233-5.
23. Little, C.T. and A.P. Sanner. 1969. X-ray modification of the catalytic and allosteric functions of fructosed. 6-diphosphatase. Biochim, Biophys. Act., 178,
24. Lowrey, R.S. and M.C. Bell. 1964. Whole-body irradiation in the young pig: Growth, hematology, and metabolism of calcium-45 and strontium 89. Radiat. Res., 23, 580-592.
25. Lu, S.T., Michaelson, S.M. and P. Susanne. 1983. Increased serum enzyme activity in microwave exposed rats. Radiat. Res., 96(1), 152-159.
26. Meena, K., Gupta, P.K. and S.R. Bawa. 1978. Endrin-induced toxicity in normal and irradiated rats. Environmental Res., 16, 373-382.
27. Miquel, J.P., Lundgren, R. and J.C. Jenkins. 1966. Effect of roentgen radiation on glycogen metabolism of the rat brain. Acta. Radiol., 5, 123-132.
28. Mirimova, T.D. 1956. Hemorrhage in growing animals following total x-irradiation. Med. Radiol., 1, 56-61.
29. Morgan, R.M., Kundomal. Y.R. and E.W. Hupp. 1983. Serum lactate dehydrogenase (LDH) activity following exposures to cadmium and/or 60CO gamma irradiation. J. Environ. Sci. Health. 18(4), 483-492.
30. Nam, S.Y. and S.H. Chang. 1969. Electron microscopy of the effect of methylene blue on the liver and heart of rats following gamma irradiation. Kor. J. Zool., 12(4), 114-121.
31. Nandchahal. K., Umadevi. P. and P.N. Srivastaba. 1982. Acid phosphatase activity of samll intestine of mice after exposure to different doses of gamma rays. Experientia, 38(10), 1210-1211.
32. Pontifex, A.H. and L.F. Lamerton. 1960. Effects of protected irradiation on the blood-forming organs of the rat. Brit., J. Radiol., 33, 736-747.
33. Reithman, S. and S. Frankel. 1957. A method of determining serum GOT and GPT activity. Am. J. Clim. Path., 28, 56-62.
34. Rugh, R. and G. Pardo, 1963. Age and hematological recovery from acute whole-body x-irradiation. Radiat. Res., 20, 399-419.
35. Sarkar, S.R., Singh, L.R., Uniyal, B.P. and B.N. Chaudhuri. 1982. Effect of whole-body gamma radiation on some metals of rat plasma. Strahlentherapie, 158(2), 125-128.
36. Stojanovic, D., Milovanovic, A., Stajic, J., and Z. Ralevic. 1968. Hamotological change during the repair of skin damage in cobalt-60 irradiated rats. Nucl. Sci. Biol., 19(5), 31-42.
37. Sung, J.K. 1973. Effect of external whole-body gamma-irradiation on blood picture and growth in young rabbits. Kor. J. Vet. Res., 13(1), 85-102.
38. Sung, J.K. and C.K. Cheong. 1975. Effect of whole-body gamma-irradiation on blood picture in mice. Kor. J. Vet. Res., 15(2), 153-159.
39. Thithapandha, A., Chanachai, W., and D. Suriyachan. 1979. Effects of r-irradiation. Res., 79, 203-207.

40. Tietz, N.W. 1974. Foundamentals of clinical chemistry, Philadephia, W.B. Saunders company. pp. 653-654.
41. Tokhiyan, S.R. and V.G. Mkrtchyan. 1979. Change of carbohydrate metabolism in white rats during standard work under conditions of combined radiation damage. Zh EKSP Klin Med., 19(5), 71-74.
42. Tribukait, B. 1965. Total hemoglobin and blood volume of the rat after sublethal whole-body radiation with roentgen rays. Acta Radiol. Ther. Physi. Biol., 3(1), 1-10.