

# X-線 照射가 Ehrlich 癌細胞의 容積, 蛋白質 및 數種 Sulfhydryl 基에 미치는 影響에 關하여

慶北大學校 醫科大學 生理學教室

俞 春 植 · 朱 永 恩

=Abstract=

## Effect of X-Irradiation on the Levels of some Sulfhydryl Groups, Protein and Cell Volume of Ehrlich Ascites Tumour Cells

Choon Shik Yu, M.D. and Young Eun Choo, M.D.

*Department of Physiology, Kyungpook National University School of Medicine  
Taegu, Korea*

It is well known that a number of -SH and -SS containing substances afford a certain measure of protection against radiation effects in many biological systems, and it is conceivable that inherent -SH levels in Ehrlich ascites tumour (ELD) cells may be of decisive importance with respect to the development of cellular radiation injury.

So far, little effort has been directed to elucidate the changes in levels of different -SH and -SS groups in ELD cells when the tumour-bearing whole animal was subjected to the sublethal dose of X-irradiation.

The present study was designed to bring some lights in the possible changes of and relationship between various sulfhydryl levels, such as P-SH, NP-SH and NP-SS, as well as the content of protein and cell volume of ELD cells, after subjecting the ELD mice to 1,200 r of X-irradiation.

The animals used in this experiment were all mixed bred mice of 20~25 gm in body weight (approximately 2 months old) irrespective of sex.

12 mice in one experiment were inoculated intraperitoneally with 0.2 ml of ascites tumour cells ( $2 \times 10^6$  cells), and on the 7th day of the tumour growth, they were X-irradiated with 1,200 r, using the conventional X-ray machine under the following conditions: 200 Kv at 15 mA, 0.5 mm Cu filter, target-skin distance: 50 cm. Radiation dose was measured with the Philip integrating dosimeter.

At 24, 36, 48 and 60 hours after the X-irradiation, the mice were killed by cervical dislocation, and the tumours were taken out. Freshly withdrawn ascites tumours were placed in ice, and immediately the cell concentration was measured with the Coulter Cell Counter (Model B), and the hematocrit of the tumour cells were also determined. Cell volume was thus calculated by the cell concentration and hematocrit value.

P-SH content of ELD cells was measured potentiometrically according to the method of Calcutt & Doxey, and NP-SH and NP-SS contents were measured spectrophotometrically by the method described by Ellman. Protein content of ELD cells was determined with the Folin phenol reagent by Lowry

\* A major part of this work was done by one of us (Y.E. Choo) at the Dept. of Tumor Biology, Karolinska Institute Stockholm, by the Eleanor Roosevelt International Cancer Fellowship from the International Union Against Cancer.

et al.

Altogether, 48 experimental mice were used, and 12 mice with the only exception of X-irradiation were used as the control.

Results obtained indicate that the contents of all the cellular sulfhydryl groups as well as cell volume and protein content of the ELD cells increase significantly as time progresses after the sub-lethal X-ray dose of 1,200 r was given and that all the increase is in a lineal fashion.

The regression lines of the relative values, (i. e., taking each control value as 1) of all the values obtained, and the regression lines of cell volume, protein and NP-SH are identical, whereas those of NP-SS and P-SH appear to be widely separated. However, the difference of those two lines (NP-SS & P-SH) were found to be not significant statistically ( $p > 0.05$ ).

Therefore, it can be concluded from the above results that all the values examined increase in a lineal fashion with no statistically significant difference among them.

Also, with the radiation dose of 1,200 r, the ELD cell becomes enlarged and swollen progressively up to 60 hours post-irradiation and it becomes more than two times of the original normal size at 60 hours after the irradiation, and up to this stage, it seems apparent that the cell division has been slow due to the X-irradiation applied in this experiment.

It is well understandable that the contents of NP-SH, NP-SS, P-SH and protein of the ELD cells increase in parallel with the increase of the cell volume by the X-ray does used, but it also seems interesting to note that all the cellular substances tested show no appreciable difference in the pattern of increase.

### 緒 論

어떤 種類의 化學物質을 放射線照射 直前に 生體에 投與함으로써 生體를 放射線の 障害로 부터 部分的으로 保護할 수 있다는 것이 發見된 以來 (Bacq and Herve, 1952; Pihl and Eldjarn, 1958) 特히 cysteine, cysteamine, glutathione, amino ethyl isothiuronium bromide (AET) 및 cystamine 등 sulfhydryl (SH) 基를 含有하거나 或은 細胞에서 SH 基의 遊離를 促進시킬 수 있는 物質들이 가장 強한 放射線 保護作用을 갖고 있다는 것이 1958年 Pihl 및 Eldjarn 等에 依하여 알려진 以來 이들 物質을 實驗動物에 投與한 後 그 放射線 保護作用을 檢討한 報告들(Bacq and Alexander, 1961; Doherty, 1960; Balabukha, 1963; Pihl and Eldjarn, 1957; Bacq and Alexander, 1964)은 많다.

그러나 現在까지의 報告들은 그 大部分이 이들 SH 化合物을 照射直前に 投與함으로써 實驗動物에서 그 LD 50/30 이 높아졌고 따라서 生存率이 높아졌다는 것들이며(Hulse, 1963; Praslicka, et al., 1962; Yakovlev and Isupova, 1963) 이들 SH 物質들이 果然 어떠한 機轉에 依해서 電離放射線の 損傷으로 부터 生體 或은 細胞를 保護하는 作用을 나타내는 것인가에 對해서는 生理學的 生化學的 및 藥理學的 見地에서 많은 假說들이 있기는 하나 아직 定說이 없음이 現狀이다(Phil and Eldjarn,

1958; Bacq and Alexander, 1961; Doherty, 1960; Balabukha, 1963; Pihl and Eldjarn, 1957).

그러나 그 正確한 作用機轉이 무엇인 間에 保護作用이 나타나기 爲해서는 이러한 放射線保護物質들이 細胞內의 目標分子(target molecule) 속이나 그 周圍에 集中되어야 할 것이며(Eldjarn, 1964), 特히 注入된 SH 化合物과 細胞內의 SH 或은 SS 基와의 相互反應關係가 가장 重要한 意義를 갖을 것이다(Yakovlev and Isupova, 1963; Eldjarn, 1964).

그뿐 아니라 Bacq 및 Alexander(1964)에 依하면 in vivo 에서 投與된 SH 化合物이 細胞內로 容易하게 擴散되어갈 뿐 아니라 細胞內의 內在 SH 基의 level도 相當히 높인다고 하며, 이렇게 增加 또는 加重된 SH 基의 細胞內含量이 바로 保護作用의 根本 樣相일 것이라고 한다.

이와 비슷하게 Revesz 및 Modig(1965)는 Ehrlich 腹水 癌細胞를 使用하고 in vitro 에서 X-線照射한 後 그 NP-SH 의 量的 變化를 觀察한 實驗에서 細胞內 NP-SH level 이 細胞의 radiosensitivity 를 決定하는 要素일 뿐 아니라 이것이 生理的 保護의 本態일 것이라고 하였다.

Bacq 및 Alexander (1964), Pihl 및 Eldjan (1958) 等은 NP-SH 뿐 아니라 細胞內의 NP-SS (non-protein disulfide) 역시 保護作用 決定에 重大한 意義를 갖고 있다고 한다.

그러나 X-線照射를 입은 生體의 各種 組織細胞의 內

在 SH 基의 level이 時間의 經過에 따라 어떻게 變化하느냐를 안다는 것은 SH 化合物質의 放射線 保護作用의 本態을 理解함에 있어 極히 重要한 일일 것이며, 本教室의 李(1968)는 X-線照射를 입은 마우스의 肝組織에서 그 內在 NP-SH 및 NP-SS의 level이 正常에 比하여 높아져 있음을 報告한 바 있고, 盧 및 朱(1968)와 金等(1969) 역시 이와 비슷한 結果를 報告한 바 있다.

한편 Ehrlich 腹水癌細胞를 마우스 腹腔內에 接種하면 이 腹水癌이 宿主腹腔內에서 쉽게 發生되어 時間의 經過에 따라 腹水의 量도 增加되고, 또한 腹水中에 浮遊하고 있는 free tumor cell의 數도 急激히 增殖을 거듭하여 接種後 15~20 日에서는 마침내 宿主動物은 死亡하게 된다는 것은 잘 알려져 있는 事實이며, Ehrlich 腹水癌을 包含한 여러 種類의 腹水癌이 細胞學的, 生化學的, 免疫遺傳學的 및 其他 여러 分野의 癌研究에 널리 利用되어 있음도 周知의 事實이다(Klein and Revesz, 1953; Klein, 1950, Klein, 1951; Chance and Castor, 1952; Christensen and Riggs, 1952; Klein, 1960; Revesz, et al., 1956).

Revesz(1960)에 依하면 Ehrlich 癌細胞를 X-線照射한 後 接種하면 照射量에 따라 그 增殖過程에는 差異가 나타난다고 하였고, 崔 및 朱(1969)에 依하면 Ehrlich 腹水癌 動物에 X-線 全身照射할 때에도 時間의 經過에 따라 癌細胞의 增殖過程 및 蛋白質에 差異가 招來된다고 하였다.

따라서 Ehrlich 癌動物에 X-線照射를 하면 照射量에 따라서는 癌細胞의 增殖이 抑制 또는 亢進될 것이며 이에 따라서 癌細胞 個體의 容積에도 變化가 招來될 것이다.

以上과 같은 見地에서 著者들은 Ehrlich 腹水癌이 充分히 發生된 時日에 癌動物에 1,200 r의 X-線 全身照射를 하고 그 後 時間의 經過에 따라서 癌細胞의 容積이 어떻게 變化하느냐를 살펴보고, 또한 個個 癌細胞內의 蛋白質의 變化와 P-SH, NP-SH 및 NP-SS等 數種의 內在 SH 基의 量的인 變化를 아울러 觀察하여 그 相互關係를 살펴보고 그 結果를 얻었기에 發表하는 바이다.

### 實驗材料 및 方法

本 實驗에 使用한 動物은 生後 約 2個月되는 體重 20~25 gm의 雜種 흰 마우스로서 雌雄의 區別 없이 總 60匹을 使用하였다.

이中 12匹은 對照群으로서 Ehrlich 腹水癌의 接種만을 한 群이고, 48匹은 實驗群으로서 Ehrlich 腹水癌 發生後 X-線 全身照射한 群이다.

#### ① Ehrlich 腹水癌의 接種:

Ehrlich 癌細胞의 數가 0.2 ml 中  $2 \times 10^6$ 이 되도록 saline

으로서 稀釋하여 1회에 12匹의 마우스 腹腔內에 接種하였다.

#### ② X-線照射:

癌細胞 接種後 第 7 日에 癌發生이 明白한 것을 選擇하여 다음의 條件에 따라 單回에 1,200 r의 X-線 全身照射를 하였다. 即 X-線照射의 條件은 200 kv, 15mA, 0.5 mm Cu filter 와 target-skin 距離 50 cm 이고 照射 X-線量은 Philip integrating dosimeter 로서 測定하였다.

③ X-線照射 後 24, 36, 48 및 60 時間에서 3~4匹의 마우스를 任意로 選擇하여 cervical dislocation 으로서 犧牲시키고 直時 開腹하여 可能한 限 全量의 腹水を 滅菌하고 미리 sodium citrate 少量을 加해 둔 試驗管內에 採取하여 混合하였다.

#### ④ Ehrlich 癌細胞의 容積의 測定:

癌細胞의 數는 Coulter Cell Counter (Mode B)를 使用하여 1 mm<sup>3</sup> 中의 癌細胞의 數를 決定하였다.

다음 Adams micro hematocrit centrifuge 를 使用하여 腹水의 hematocrit 를 測定하고 癌細胞의 concentration 과 그 hematocrit 의 比로서 容積을 計算하였다.

⑤ Ehrlich 癌細胞의 蛋白質은 Folin-Ciocalteu phenol reagent 를 使用하여 Lowry 等(1951)의 方法에 따라 定量하여 10<sup>-7</sup>mg/cell 로서 表示하였고, P-SH 는 Calcutt 및 Doxey(1959)에 따라 potentiometric 方法으로서 測定하여 10<sup>-9</sup>μmol/cell 로서 表示하였다.

NP-SH 의 定量은 Ellman(1959)의 方法에 따랐으며, NP-SS 의 定量은 Dohan 等(1940)의 electric reduction 方法에 따랐고, 各各 10<sup>-9</sup>μmol/cell 로서 表示하였다.

### 實驗成績

Ehrlich 腹水癌이 發生된 後 第 7 日에 1,200 r의 X-線 으로서 癌動物을 全身照射한 後 24, 36, 48 및 60 時間에 이르기까지 癌細胞의 內在 P-SH, NP-SH, NP-SS, 蛋白質 및 癌細胞의 容積의 變化를 各各 그 實測値와 標準誤差로서 表示한 것이 第 1 表이고 對照群의 各 實驗値를 1로 하였을 때의 各 實驗値의 값을 計算하여 그 相對値를 表示한 것이 第 2 表이다.

여기서 보는 바와 같이 癌細胞의 容積을 μ<sup>3</sup>로 表示하면 X-線照射를 입지 않았는 對照群에서는 그 容積이 1,173 인데 比하여 X-線照射後 24, 36, 48 및 60 時間에서는 各各 1,664, 1,995, 2,231 및 2,499 이고 이것을 第 2 表에서 보는 바와 같이 對照値를 1로 하였을 때의 各各 그 相對値를 表示하면, 24, 36, 48 및 60 時間에서 各各 1.42, 1.70, 1.97 및 2.13 으로서 時間의 經過에 따라 그 容積도 增加되어, 60 時間에서는 그 容積이 對

Table 1. Contents of NP-SH, NP-SS, P-SH, protein and cell volume of ELD tumor cells after X-irradiation with 1,200 r

hrs	0		24		36		48		60	
	Mean±SE (n)	%	Mean±SE	%	Mean±SE (n)	%	Mean±SE (n)	%	Mean±SE (n)	%
NP-SH 10 <sup>-9</sup> μmol/cell	2.43±0.07 (21)	100	3.41±0.13 (22)	140	3.76±0.17 (13)	155	4.54±0.16 (18)	187	5.45±0.46 (11)	225
NP-SS 10 <sup>-9</sup> μmol/cell	0.18±0.01 (21)	100	0.27±0.03 (22)	153	0.34±0.03 (11)	191	0.35±0.05 (18)	197	0.42±0.04 (10)	239
P-SH 10 <sup>-9</sup> μmol/cell	17.37±0.46 (27)	100	25.59±0.61 (22)	147	27.55±1.40 (9)	159	31.83±0.96 (18)	183	34.84±2.94 (15)	201
Cell volume μ <sup>3</sup>	1,173±26.6 (27)	100	1,664±37.23 (22)	142	1,995±86.67 (13)	170	2,231±80.07 (18)	190	2,499±131.21 (11)	213
Protein 10 <sup>-7</sup> mg/cell	2.27±0.09 (42)	100	3.37±0.19 (21)	148	3.94±0.15 (31)	174	4.39±0.22 (14)	193	4.83±0.18 (12)	213

Table 2. Relative values of NP-SH, NP-SS, P-SH, protein and cell volume of ELD tumor cells after X-irradiation with 1,200r (taking each control value as 1)

hrs	24	36	48	60
	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE
NP-SH	1.40±0.05	1.55±0.07	1.87±0.06	2.24±0.19
NP-SS	1.53±0.17	1.91±0.16	1.97±0.26	2.47±0.22
P-SH	1.46±0.11	1.59±0.08	1.83±0.05	2.01±0.17
Cell volume	1.42±0.03	1.70±0.07	1.97±0.09	2.13±0.11
Protein	1.49±0.09	1.73±0.07	1.93±0.03	2.13±0.08

照射의 2倍以上이 되어 있음을 알 수 있다.

이처럼 X-線照射로서 시간이 經過됨에 따라 癌細胞의 容積이 커지고 60時間에서는 2倍以上이 될때 癌細胞의 蛋白質의 變化를 보면 이것 역시 對照의 2.27×10<sup>-7</sup> mg/cell에서 60時間에서는 4.83×10<sup>-7</sup> mg/cell로 漸加되고 그 相對値를 보면 60時間에서는 2.13으로서 對照値의 2倍以上의 蛋白質을 含有하고 있음을 볼 수 있다.

이것은 NP-SH, NP-SS 및 P-SH의 量的 變化에서도

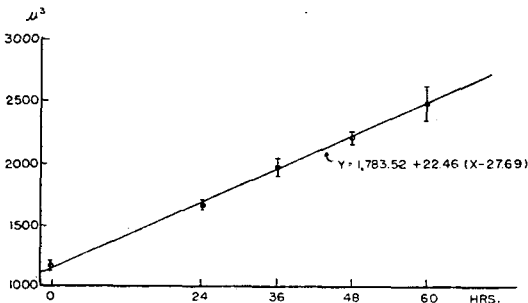


Fig. 1. The change of cell volume of Ehrlich ascites tumor cells after X-irradiation with 1,200 r in vivo.

비슷하고, 各各 60時間에서의 그 對照値가 2.24, 2.47 및 2.01으로서 全部 60時間까지 漸加하였다가 60時間에서는 對照値의 2倍乃至 2倍 以上으로 變化됨을 알 수 있다.

더욱이 그 增加되는 樣相은 實測値에서는 第1圖(Y=1,783.52+22.46(X-27.69)), 第2圖(Y=3.51+0.043(X-27.78)), 第3圖(Y=25.81+0.29(X-28.75)), 第4圖(Y=3.72+0.047(X-29.65)) 및 第5圖(Y=0.29+0.0039(X-29.12))에서 보는 바와 같이 모두 直線的인 關係에 있고, 相對値로서도 第6圖(Y=1.75+0.0213(X-39.38)), 第7圖(Y=1.805+0.0167(X-41.04)), 第8

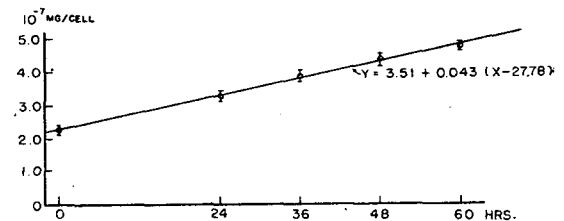


Fig. 2. The change of protein content of Ehrlich ascites tumor cells after X-irradiation with 1,200 r in vivo.

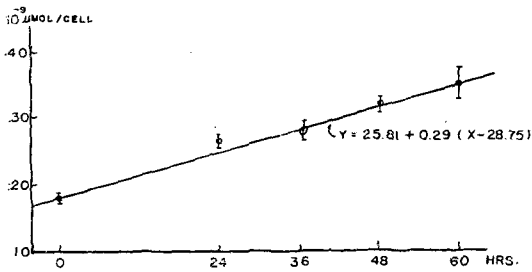


Fig. 3. The change of P-SH level of Ehrlich ascites tumor cells after X-irradiation with 1,200 r in vivo.

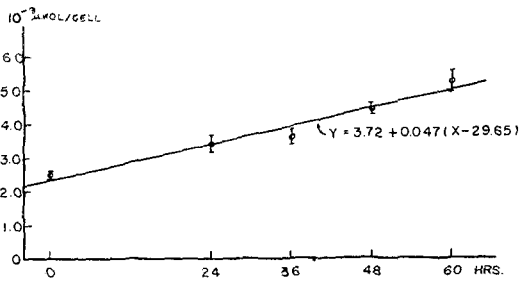


Fig. 4. The change of NP-SH level of Ehrlich ascites tumor cells after X-irradiation with 1,200 r in vivo.

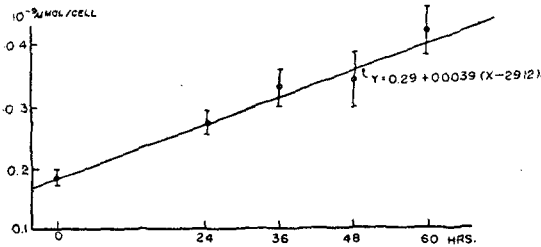


Fig. 5. The change of NP-SS level of Ehrlich ascites tumor cells after X-irradiation with 1,200 r in vivo.

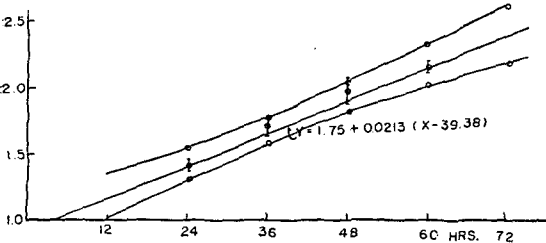


Fig. 6. Cell volume (relative value with 95% confidence limit).

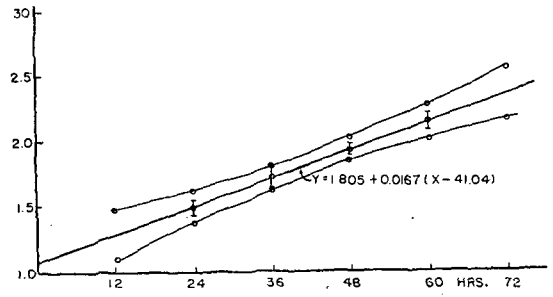


Fig. 7. Protein (relative value with 95% confidence limit).

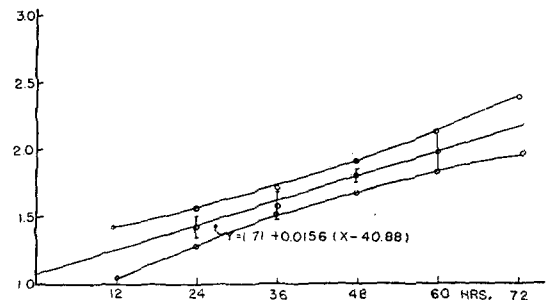


Fig. 8. P-SH (relative value with 95% confidence limit).

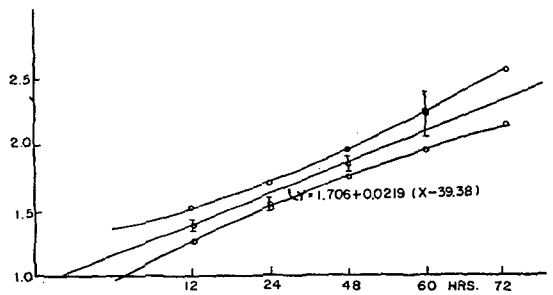


Fig. 9. NP-SH (relative value with 95% confidence limit).

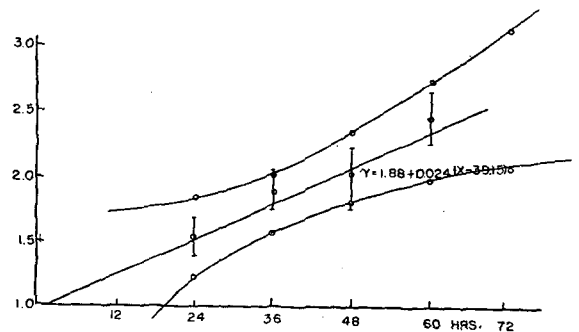


Fig. 10. NP-SS (relative value with 95% confidence limit).

Table 3. Regression equations

	Absolute value	Relative value
NP-SH	$Y=3.72+0.047(X-29.65)$	$Y=1.706+0.0219(X-39.38)$
NP-SS	$Y=0.29+0.0039(X-29.12)$	$Y=1.88+0.024(X-39.15)$
P-SH	$Y=25.81+0.29(X-28.75)$	$Y=1.71+0.0156(X-40.88)$
Cell volume	$Y=1,783.52+22.46(X-27.69)$	$Y=1.75+0.0213(X-39.38)$
Protein	$Y=3.51+0.043(X-27.78)$	$Y=1.805+0.0167(X-41.04)$

For detail, see the text and figures.

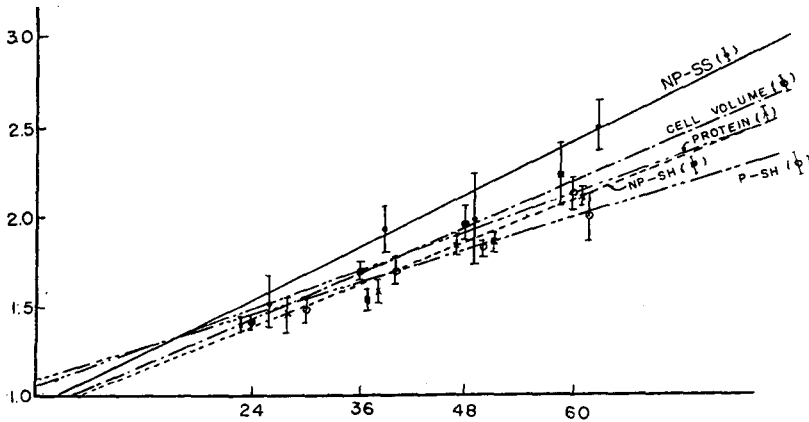


Fig. 11. Regression lines (relative values).

圖( $Y=1.71+0.0156(X-40.88)$ ), 第9圖( $Y=1.706+0.0219(X-39.38)$ ) 및 第10圖( $Y=1.88+0.024(X-39.15)$ )와 같이 直線的인 關係에 있음을 알 수 있다.

이처럼 各 測定値가 全部 直線的인 關係로서 增加됨으로 各各 그 regression equation 을 求하여 表示하면 第3表와 같다. 또한 各 相對值의 regression line 을 서로 同一한 scale 로서 比較한 것이 第11圖이다. 여기서 보는 바와같이 容積, 蛋白質 및 NP-SH의 regression line 은 서로 비슷하여 差異가 없으나 NP-SS 및 P-SH의 regression line 은 서로 相當히 差異가 있는 듯이 보인다. 그러나 이들 兩線 역시 統計學的으로는 서로 有義한 差異를 나타내지 않았다 ( $P>0.05$ ). 따라서 모든 實驗値는 統計學的으로 有義한 差異가 없이 모두 時間의 經過로서 直線的인 關係를 갖고 增加됨을 알 수 있다.

考 察

Klein(1953), Revesz(1956)等 및 그外 많은 研究者들의 研究結果(Schoeniger, et al., 1962; Seed, 1960; Kaneta and Muta, 1960; Okada, 1960; Logan, 1959; Logan, et al., 1959; Staehelin, et al., 1963) X-線과 같은 放射線의 照射로서 生體細胞에는 各種代謝의 甚한 障害가 招來되고 특히 核酸代謝에는 激甚한 變化가 招來되어 DNA

合成이 顯著하게 阻害되고 그 結果 細胞分裂이 抑制된다는 것은 이미 잘 알려져 있는 바이다. 따라서 本實驗에서와 같이 Ehrlich 腹水癌의 增殖이 活潑한 時間에 in vivo 로 腹水癌細胞를 1,200 r의 X-線으로서 照射하고 照射後 60時間에 이르기까지 時間의 經過에 따라 癌細胞의 容積을 測定하였던 바 正常的으로 細胞分裂을 할때의 癌細胞의 容積은  $1,173 \mu^3$ 에서 漸次增大해져서 60時間에는  $2,499 \mu^3$ 으로서 2倍以上으로 되어 있음은 結局 X-線의 照射로서 癌細胞內의 DNA 및 RNA는 모두 損傷을 입게 되고, 따라서 正常的인 細胞分裂이 抑制된 結果, 細胞自體는 漸次로 增大해 짐을 말하는 것이라 하겠다. 그러나 X-線照射後 時間의 經過로서 癌細胞의 容積이 直線的인 關係로서 增大됨은 興味있는 點이라 하겠고 萬一 60時間 以上 經過되면 癌細胞는 結局은 破裂되는 것이 아닌가고 思料된다.

이처럼 X-線 照射로서 癌細胞의 容積이 增大함에 따라 細胞內의 蛋白質量은 아니라 P-SH, NP-SH 및 NP-SS等 各種 SH基 역시 直線的인 關係를 갖고 時間의 經過에 따라 增加되며 照射後 60時間에서는 모두 對照值의 2倍 乃至 2倍以上이 될뿐 아니라 各各 서로 平行的인 增加의 樣相을 나타내고 있음은 大端히 興味있는 事實이라 하겠다.

Sulfhydryl 基는 모든 細胞內에 存在하여 或은 SH 酵素를 形成하고 或은 遊離된 狀態로서 存在하는 것이나, P-SH, NP-SH 및 NP-SS 等 SH 基에 屬하는 物質들이 放射線에 對한 生體의 化學的 保護의 本態(Pihl and Eldjarn, 1957; Bacq and Alexander, 1964; Eldjarn, 1964; Jellum, 1965; Revesez and Modig, 1965)은 거의 모든 生物體에서 確立되어 있다.

Pihl 및 Eldjarn(1958, 1955)等에 依하면 放射線에 對한 保護作用의 本態는 細胞의 內在 NP-SH 뿐 아니라 NP-SS 역시 重要な 保護作用을 갖고 있다고 한다.

따라서 本實驗에서와 같이 Ehrlich 癌細胞를 in vivo 에서 X-線照射하였을 때 癌細胞의 內在 SH 基가 모두 時間의 經過로서 繼續 增加되고 있음은 放射線의 照射 만으로도 細胞는 一種의 自家防禦의 方法으로서 內在 SH 基가 增加되는 것이 아닌가고 생각된다(盧 및 朱, 1968). 더욱이 本實驗의 結果로서 興味있는 點은 癌細胞의 蛋白量 역시 X-線照射後 60 時間까지 時間의 經過로서 直線的인 增加를 하고 60 時間에서는 對照의 2 倍以上이 되며 이點은 SH 基에 있어서와 同一한 現象이다.

一般的으로 X-線照射로서는 組織蛋白은 破壞된다는 것은 거의 次定的인 事實이나(Bacq and Alexander, 1961; Schreier, et al., 1955; Kay, et al., 1957; Mefferd and Martens, 1955) in vivo 로 X-線照射를 하였을 때의 Ehrlich 癌細胞의 蛋白量의 變化에 關係서는 別로 뚜렷한 報告가 없다. 다만 蛋白量 역시 SH 基에 있어서와 同一하게 癌細胞가 커짐에 따라 이와 pararell 하게 增加되어 있음은 滋味있는 結果라 하겠고, 이들은 結局 癌細胞가 1,200 r 의 X-線照射로서 細胞分裂만을 除外하고는 모든 代謝의 機能은 적어도 照射後 60 時間까지는 障害를 입지 않고 繼續됨을 뜻하는 것이라 생각한다.

### 結 論

Ehrlich 腹水癌이 活潑히 增殖하는 時期인 癌發生後 第 7 日에 Ehrlich 癌細胞를 in vivo 에서 1,200 r 의 X-線照射를 하고 그後 24, 36, 48 및 60 時間에서 各各 癌細胞의 容積, 蛋白量 및 P-SH, NP-SH, NP-SS 等 內在 SH 基를 測定하고, 서로 그 變化의 樣相을 比較하였던 바 다음과 같은 結論을 얻었다.

① 癌細胞의 容積은 X-線照射로서 照射後 60 時間에 이르기까지 繼續 直線的으로 增大하고 60 時間에서는 對照의 2 倍以上이 되었다.

② 癌細胞의 蛋白量, P-SH, NP-SH 및 NP-SS 역시 照射後 直線的인 樣相으로 增加하였다.

③ 癌細胞 容積의 增大와 蛋白量 및 SH 基의 增加는 同一한 樣相을 나타내었다.

### REFERENCES

- Bacq, Z.M. and Herve, A.: *J. Suisse Med.* 82:1018, 1952.
- Bacq, Z.M. and Alexander, P.: *Fundamentals of Radiobiology*, London, Pergamon Press, P. 280, 1961.
- Bacq, Z.M. and Alexander, P.: *Nature* 203:162, 1964.
- Balabukha, V.S.: *In Chemical Protection of the Body against Ionizing Radiation*, London, Pergamon Press, 1963.
- Calcutt, G. and Doxey, D.: *Exp. Cell Res.* 17:542, 1959.
- Chance, B. and Castor, L.N.: *Science* 116:200, 1952.
- 崔普永, 朱永恩: *綜合醫學* 14:17, 1969.
- Christensen, H.N. and Riggs, T.R.: *J. Biol. Chem.* 194:57, 1952.
- Dohan, J.S. and Woodward, G. E.: *J. Biol. Chem.* 131:301, 1940.
- Doherty, D.G.: *Radiation Protection and Recovery*, Ed. Hollander, A., London, Pergamon Press, P. 45, 1960.
- Eldjarn, L., Pihl, A. and Shapiro, B.: *Proc. 1st UN Intern. Conf. on the Peaceful Uses of Atomic Energy*, Geneva, United Nations, 11:389, 1955.
- Eldjarn, L.: *Proc. 18th Ann. Symp. Fund. Cancer Res. & Cell Rad. Biol. Univ., Texas*, 1964.
- Ellman, G.L.: *Arch. Biochem. Biophys.* 82:70, 1959.
- Hulse, Z.V.: *Int. J. Biol.* 6:323, 1963.
- Jellum, E.: *Int. J. Rad. Biol.* 9:185, 1965.
- Kaneta, K. and Muta, N.: *Nature* 185:4716, 1960.
- Kay, R.E., Early, J.C. and Entenman, C.: *Rad. Res.* 6:98, 1957.
- 金基春, 俞春植, 李于錫, 南泰鉉: *最新醫學* 12:41, 1969.
- Klein, G.: *Cancer* 3:1052, 1950.
- Klein, G.: *The production of ascites tumors in mice and their use in studies on some biological and chemical characteristics of neoplastic cells*, Almqvist och Wiksells, Boktrycken, Uppsala, 1951.
- Klein, G. and Revesz, L.: *J. Nat. Cancer Inst.* 14:229, 1953.

- Klein, G.: *Symposium on "Properties of the cancer cell"*, Acta Union International Contre Le Cancer 16:17, 1960.
- 李鶴九：綜合醫學 13:27, 1968.
- 盧英夏, 朱永恩：綜合醫學 13:19, 1968.
- Logan, R.: *Biophys. Biochem. Acta.* 35:251, 1959.
- Logan, R., Errera, M. and Ficq, A.: *Biophys. Biochem. Acta.* 32:147, 1959.
- Lowry, O.H., Rosebough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J.: *J. Biol. Chem.* 193:265, 1951.
- Mefferd, R.B. and Martens, H.H.: *Science* 122:829, 1955.
- Okada, S.: *Nature* 185:4707, 1960.
- Pihl, A. and Eldjarn, L.: *Advances in Radiobiology, Edinburgh, Oliver and Boyd, P. 147, 1957.*
- Pihl, A. and Eldjarn, L.: *Pharmacol. Revs.* 10:437, 1958.
- Praslicka, M., Hill, M. and Novak, L.: *Int. J. Rad. Biol.* 4:567, 1962.
- Revesz, L., Forssberg, A. and Klein, G.: *J. Nat. Cancer Inst.* 17:37, 1956.
- Revesz, L.: *Cancer Res.* 20:443, 1960.
- Revesz, L. and Modig, H.: *Nature* 207:430, 1965.
- Schreier, K., Di Ferrante, N., Caffney, G.W., Hempelmann, L.H. and Altman, K.I.: *Arch. Biochem. Biophys.* 38:493, 1955.
- Schoeniger, E.L., Salerno, P.R. and Friedell, H.L.: *Radiology* 79:310, 1962.
- Seed, J.: *Proc. Roy. Soc. Series B., Biol. Sci.* 152:948, 1960.
- Stahelin, T., Wettstein, F.O. and Noll, H.: *Science* 140:3563, 1963.
- Yakovlev, V.G. and Isupova, L.S.: *In Chemical Protection of Body against Ionizing Radiation. London, Pergamon Press, 1963.*