

Reduced glutathione 및 人蔘抽出液이 X-線全身照射를 입은 마우스 肝組織 및 血中 NP-SH 및 NP-SS 에 미치는 影響

慶北大學校 醫科大學 放射線學教室

〈指導 中央醫大 禹 元 亨 教授
慶北醫大 朱 永 恩 教授〉

吳 長 錫

=Abstract=

Effects of Reduced Glutathione and Ginseng Extract on Non-Protein Sulfhydryl and Non-Protein Disulfide of Mouse Liver and Blood Following Whole Body X-Irradiation

Jang Suk Oh, M.D.

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

〈Directed by: Prof. Won Hyung Woo*
Prof. Young Eun Choo**〉

In an attempt to better understand the radioprotective effect of reduced glutathione(GSH), and to observe a possible radioprotective effect of Ginseng extract, whole body X-irradiation of 1,200 r was administered to the mouse either independently or immediately following the injection of GSH or Ginseng extract to the mouse intraperitoneally.

The non-protein sulfhydryl (NP-SH) and non-protein disulfide (NP-SS) levels of the liver, and NP-SH level of NP-SH of the blood of the mouse were measured at 30, 60 and 120 minutes, and results were compared with the normal.

The results thus obtained are summarized as follows;

1) The normal values of NP-SH and NP-SS of the mouse liver were $5.90 \pm 0.46 \mu \text{ mol/gm wet wt.}$, and $3.02 \pm 0.42 \mu \text{ mol/gm wet wt.}$, respectively, and the normal value of NP-SH of NP-SH of the mouse blood was $3.98 \pm 1.29 \mu \text{ mol/ml}$.

2) The injection of both GSH and Ginseng extract produced the highest values of NP-SH in the liver at 30 minutes, but a gradual decrease to the normal was observed thereafter. When X-irradiation alone was applied, the liver NP-SH value was lower than the normal at 60 minutes post-irradiation and thereafter. When Ginseng extract was injected immediately prior to X-irradiation, the liver NP-SH was lower than the normal throughout the experiment with the lowest value at 60 minutes. However, the combination of GSH and X-irradiation produced higher than the normal values

本 論文의 要旨은 1972年 第24回 大韓生理學會 및 第28回 大韓放射線醫學會 席上에서 發表하였음.

* Department of Radiology, Chung Ang University School of Medicine

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

throughout the entire experiment.

3) The liver NP-SS value was most significantly elevated at 30 minutes after the injection of GSH, but the recovery to the normal was observed thereafter. The injection of Ginseng extract produced slightly higher liver NP-SS values at 30 and 60 minutes, but the value at 120 minutes was similar to the normal. The single application of X-irradiation resulted in the lower than the normal liver NP-SS values throughout the entire experiment. When GSH was injected prior to X-irradiation, the liver NP-SS values were higher than the normal at 30 and 60 minutes followed by the recovery to the normal at 120 minutes. The combination of Ginseng extract and X-irradiation showed generally lower liver NP-SS values throughout the experiment.

4) The blood NP-SH showed the higher than the normal values in all the experimental groups except when GSH was injected prior to X-irradiation alone produced the significantly elevated blood NP-SS value at 30 minutes post-irradiation.

緒 論

Bacq 및 Alexander¹⁾에依하면放射線損傷으로부터生體를化學的으로保護할수 있는物質中, 특히 glutathione은 glutamic acid, cysteine 및 glycine으로서構成된 tripeptide로서還元狀態에서生體에注入하여야만保護作用을 나타내고, 더욱이 reduced glutathione (GSH)은 다른 SH化合物에比해서毒性 또는副作用이 적어서放射線保護物質로서가장 많이利用된다고 한다. 더욱이 Bacq 및 Alexander,¹⁾ Pihl 및 Eldjarn²⁾과 Revesz等³⁾에依하면 GSH와 같은 SH基化合物의投與로서細胞内の non-protein sulfhydryl (NP-SH) 및 non-protein disulfide (NP-SS)가增加하고, 또한 NP-SH 및 NP-SS가放射線保護作用을決定하는데重大한意義를 갖고 있다고 한다.^{1,4-6)} 그뿐 아니라生體가放射線照射를받게되면組織乃至細胞内の NP-SH 및 NP-SS가곧遊離되거나 또는生成되어서이들이放射線損傷을입은細胞周邊에集中된다함은이미李⁷⁾, 盧와朱⁸⁾俞 및朱⁹⁾, 申 및朱¹⁰⁾가發表한바 있다.

그러나 GSH의投與直後, X-線의全身照射를한動物의重要臟器인肝組織 및循環血中の NP-SH 및 NP-SS가正常的 그것과比較해서 어떠한變化를하느냐에對해서는盧 및朱⁸⁾와李 및朱¹¹⁾의肝組織에 미치는研究를除外하고는 뚜렷한報告가 없고, 특히循環血中の SH物質의變化와肝組織의 그것을아울러觀察한報告는 아직 없다.

한편 우리나라特産인高麗人蔘이生體에 미치는影響에關해서는枚擧키 어려울만큼 이미廣範하고 많은研究가 이루어져 있다.

더욱이最近에와서는人蔘抽出液이腫瘍組織에도作用을미친다^{12,13)}고하고,動物의體重,臟器의 무게에도影響을미칠뿐 아니라^{14,15)}核酸代謝에도影響을준다¹⁶⁾고도한다.

이처럼人蔘의生理, 生化學的作用에關해서는最近學界의關心이漸高해가고 있음에도不拘하고人蔘抽出液의放射線保護作用의有無에關해서는 아직 아무런報告가 없는反面, 著者は人蔘抽出液中에도相當量의 SH物質이含有되어 있음을發見한바 있다.

따라서 GSH 및人蔘抽出液을各各單獨投與했을 때와 이들物質을各各投與直後에 X線全身照射를한動物에서肝組織 및循環血中の NP-SH 또는 NP-SS의量的變化를時間經過에 따라比較觀察한다는 것은放射生物學의見地에서 매우有意하고興味있는問題라고思料된다.

實驗材料 및 方法

1. 實驗材料

1) 實驗動物로서는體重 20~25 gm의外見上健康한 흰 마우스 250匹을雌雄의區別없이使用하였다.

2) Reduced glutathione (GSH)은 Nutritional Biochemical Corp. 製이다.

3) 人蔘抽出液은乾燥高麗人蔘(豊基産) 50 gm을細片으로 만든 다음蒸溜水 50 ml를加해서 1時間동안 끓인後濾過하여作成하였다. 이人蔘抽出液 1 ml中の SH含有量은平均 2.4 μ mol이었다.

2. 實驗方法

1) 實驗動物은 다음의各群으로 나누었다. 即,

- 第1群: 正常群.
 - 第2群: GSH를 마우스 體重 gm 당 1 mg을 1 ml의 Krebs-Ringer phosphate (pH7.4) 溶液중에 溶解시켜 腹腔內로 投與한 群.
 - 第3群: 人蔘抽出液 1 ml를 腹腔內로 投與한 群.
 - 第4群: 1,200 r의 X線을 全身照射한 群.
 - 第5群: GSH를 投與直後에 X線全身照射한 群.
 - 第6群: 人蔘抽出液을 投與直後에 X線全身照射한 群
- 以上の 各群에서 모두 30, 60 및 120分에서 各各 肝組織에서는 NP-SH 및 NP-SS를, 그리고 血中에서는 NP-SH를 測定하여 正常群의 그것과 比較하였다.

2) X線照射

200 kv, 15 mA, 1 mmAl 및 0.5 mm Cu filter를 使用하고, target-object 거리는 50 cm의 條件으로서 單獨에 1,200 r의 X線을 全身照射하였다.

3) NP-SH 및 NP-SS의 定量

NP-SH의 定量은 Ellman의 方法¹⁷⁾에 따랐으며 NP-SS의 定量은 Dohan 및 Woodward의 electrolytic reduction 方法¹⁸⁾에 따랐다.

實驗成績

本 實驗에서와 같이 마우스를 材料로 하고 GSH 및 人蔘抽出液의 投與, X-線全身照射의 條件을 單獨으로 또는 併合해서 使用하였을 때 各各 30, 60 및 120分

Table 1. Changes of NP-SH level of mouse liver following single or combined administration of GSH, Ginseng extract and whole body X-irradiation

		0 Normal	30min.	60min.	120min.
Ginseng	Mean*	5.90	5.97	6.65	5.56
	SD (n)	0.46 (33)	0.44 (16)	0.44 (19)	0.46 (15)
GSH	Mean*	5.90	5.90	6.19	5.65
	SD (n)	0.46 (33)	0.58 (9)	0.17 (9)	0.51 (14)
X(1200r)	Mean*	5.90	5.94	5.75	5.64
	SD (n)	0.46 (33)	0.48 (14)	0.35 (16)	0.33 (17)
Ginseng + X(1200r)	Mean*	5.90	5.61	5.23	5.77
	SD (n)	0.46 (33)	0.42 (12)	0.17 (11)	0.33 (12)
GSH + X(1200r)	Mean*	5.90	6.58	6.37	6.33
	SD (n)	0.46 (33)	0.24 (15)	0.73 (15)	0.28 (9)

*: $\mu\text{mol/gm wet wt.}$

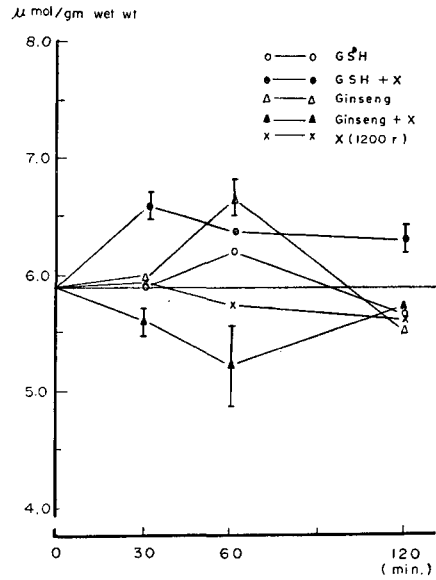


Fig. 1. Changes of NP-SH level of mouse liver following single or combined administration of GSH, Ginseng extract and whole body X-irradiation.

에 있어서의 肝組織에서는 NP-SH 및 NP-SS, 血中에서는 NP-SH의 變動을 正常群의 그것과 比較한 成績은 다음과 같다.

1. 肝組織의 NP-SH의 變動

第1表 및 第1圖에서 보는 바와 같이 肝組織의 NP-SH는 正常值가 $5.90 \pm 0.46 \mu\text{mol/gm wet wt.}$ 인데 比하여 GSH의 單獨投與로서는 60分에서 6.19 ± 0.17 로서 가장 높은 값을 나타내고 120分에서는 正常值로 接近함을 볼 수 있다.

人蔘抽出液의 投與로서는 역시 60分에 6.65 ± 0.44 로서 가장 높은 NP-SH의 값을 나타내었으며, 이것은 GSH 投與 60分에서의 그것보다도 더욱 높은 값이다.

X-線全身照射만을 한 群에서는 時間經過로서 오히려 正常值보다 全般的으로 若干 낮은 값을 나타내었으나 有意한 差異는 아니었다.

한편 GSH 投與直後 X-線照射를 한 群에서는 30分에서 이미 6.58 ± 0.24 로서 顯著히 높은 값을 나타내었고, 이러한 傾向은 120分까지 繼續되었다.

人蔘抽出液 投與後 X-線照射를 한 群에서는 이와 反對로 全般的으로 正常值보다 낮은 값을 나타내었고, 60分에서는 5.23 ± 0.17 로서 가장 낮았다.

2. 肝組織의 NP-SS의 變動

第2表 및 第2圖에서 보는 바와 같이 正常值인 3.02

Table 2. Changes of NP-SS level of mouse liver following single or combined administration of GSH, Ginseng extract and whole body X-irradiation

		0 Normal	30min.	60min.	120min.
Ginseng	Mean*	3.02	3.24	3.18	2.87
	SD (n)	0.42 (32)	0.40 (16)	0.35 (18)	0.55 (20)
GSH	Mean*	3.02	3.84	2.83	3.34
	SD (n)	0.42 (32)	0.70 (9)	0.42 (9)	0.40 (19)
X(1200r)	Mean*	3.02	2.76	2.61	2.89
	SD (n)	0.42 (32)	0.53 (13)	0.52 (11)	0.62 (19)
Ginseng + X(1200r)	Mean*	3.02	2.75	2.63	2.08
	SD (n)	0.42 (32)	0.41 (10)	0.60 (15)	0.20 (9)
GSH + X(1200r)	Mean*	3.02	3.34	3.59	3.11
	SD (n)	0.42 (32)	0.52 (13)	0.68 (14)	0.37 (12)

*: $\mu\text{mol/gm wet wt.}$

$\mu\text{mol/gm wet wt.}$

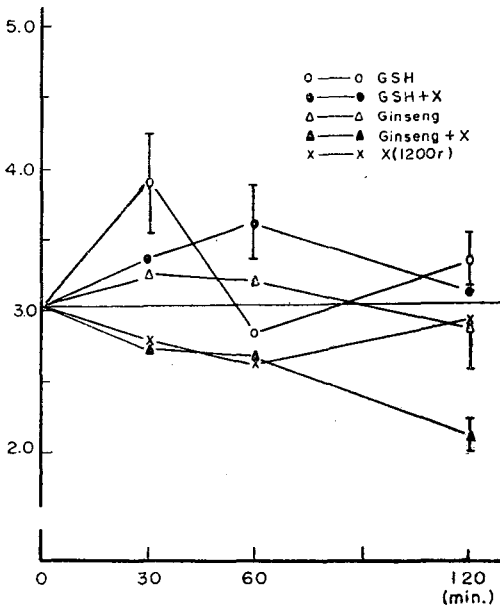


Fig. 2. Changes of NP-SS level of mouse liver following single or combined administration of GSH, Ginseng extract and whole body X-irradiation.

$\pm 0.42 \mu\text{mol/gm wet wt.}$ 에 比하여 GSH의 投與로서는 30分에 3.84 ± 0.70 으로서 顯著히 높은 값을 나타내었다가 60分 및 120分에서는 正常과 大差없는 값을

나타내었고, 人蔘抽出液의 投與로서는 20分 및 60分에서는 正常値보다 若干 높은 값을 나타내었으나 120分에서는 正常値에 比하여 若干 낮은 값을 나타내었다 X-線照射만으로는 正常値보다 오히려 全般的으로 낮은 값을 나타내는 傾向을 보였으나 120分에서는 다시 正常値에 接近함을 볼 수 있었다.

한편 GSH 投與後 X-線照射를 한 群에서는 60分까지 繼續 높은 값을 나타내었고 120分에는 正常値와 비슷하게 되었음을 볼 수 있었다.

Table 3. Changes of NP-SH level of mouse blood following single or combined administration of GSH, Ginseng extract and whole body X-irradiation

		0 Normal	30min.	60min.	120min.
Ginseng	Mean*	3.98	5.30	5.42	3.60
	SD (n)	1.29 (23)	0.96 (18)	1.69 (23)	0.66 (10)
GSH	Mean*	3.98	5.34	4.36	3.77
	SD (n)	1.29 (23)	0.82 (22)	0.75 (13)	0.57 (10)
X(1200r)	Mean*	3.98	10.08	4.77	2.23
	SD (n)	1.29 (23)	1.22 (10)	1.26 (18)	0.66 (26)
Ginseng + X(1200r)	Mean*	3.98	4.73	3.90	4.08
	SD (n)	1.29 (23)	0.70 (18)	1.36 (15)	0.92 (16)
GSH + X(1200r)	Mean*	3.98	2.83	2.29	2.81
	SD (n)	1.29 (23)	0.48 (21)	0.86 (22)	0.35 (20)

*: $\mu\text{mol/ml.}$

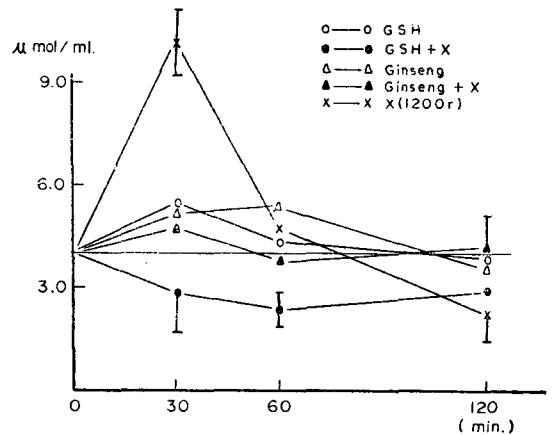


Fig. 3. Changes of NP-SH level of mouse blood following single or combined administration of GSH, ginseng extract and whole body X-irradiation.

人蔘抽出液投與後 X-線照射를 한 群에서는 全實驗을 通하여 繼續 正常値보다 低下된 값을 나타냄을 볼 수 있었다.

3. 血中 NP-SH 의 變動

第3表 및 第3圖에서 보는 바와 같이 血中 NP-SH 의 正常値는 $3.98 \pm 1.29 \mu\text{mol/ml}$ 임에 比하여 GSH 單獨投與로서는 30分에서 5.34 ± 0.82 로서 若干 높은 값을 보이나 60分에서는 다시 正常値의 範圍內에 接近하고, 120分에서는 正常値와 大差 없었다.

X-線全身照射만으로는 30分에서 全實驗을 通하여 가장 높은 값인 10.08 ± 1.22 로서 有意하게 높은 값을 나타내었으나 그 後는 곧 正常値로 돌아왔음을 볼 수 있었다. 한편 GSH 投與後 X-線照射를 한 群에서는 大體로 正常보다 낮은 값을 나타내었고, 人蔘抽出液 投與後 X-線照射를 한 群에서는 30分에서 若干 높은 값을 나타내었으나 大體로 正常群의 그것에 比하여 큰 差異가 없었다.

總括 및 考察

生體에 放射線이 照射되면 生體組織에는 곧 化學的 變化가 招來되며 나중에는 各種代謝의 混亂 및 破壞로서 細胞 및 나아가서는 生體의 죽음까지도 오게 될 수 있다는 것은 이미 잘 알려져 있는 事實이다.^{1,19)} 한편 生體에 對한 放射線의 防禦問題는 主로 物理的 見地에서 論議되어 왔으나 最近에 와서 sulfhydryl (SH) 基를 갖고 있는 物質을 放射線照射直前に 生體에 投與함으로써 放射線의 損傷으로 부터 生體를 化學的으로 保護할 수 있다는 것이 알려져 放射線 生物學 領域에 새로운 課題로 등장하게 되었다.^{1-3, 6, 19, 20)}

이들 SH 化合物中, 特히 cysteine, cysteamine, glutathione, aminoethyl isothiuronium bromide (AET) 및 cystamine 등은 細胞內에서 SH 基의 遊離를 促進시킬 수 있고, 放射線保護作用이 있다는 것이 Pihl 및 Eldjarn²¹⁾에 依하여 알려졌고, 中 特히 reduced glutathione (GSH)이 가장 有效한 保護物質로서 많이 利用된다²²⁾고 하며, 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^{1-11, 22)}은 많다.

한편 韓國產 人蔘抽出液中에도 相當量의 SH 物質이 含有되어 있음을 著者는 發見하여 이미 放射線保護物質로서 認定을 받고 있는 GSH 뿐 아니라 人蔘抽出液의 投與로서 肝組織 및 血中 NP-SH 或은 NP-SS가 어떠한 變化를 나타내며, 나아가서 X-線照射直前に 人

蔘抽出液을 投與함으로써 NP-SH 및 NP-SS에 招來될 수 있는 變化를 알고져 本實驗을 한 것인데, 그 結果를 綜合하면 다음과 같다. 即, GSH의 投與로서 肝組織의 NP-SH는 60分에서 正常에 比하여 높은 값을 나타낸 後 120分에서 正常値와 비슷하거나 X-線照射直前に GSH를 投與했을 때에는 30分에서 이미 NP-SH의 값이 높아져 120分까지 維持됨을 볼 수 있고, 이로서 GSH의 放射線保護作用은 本實驗의 結果로서도 認定할 수 있다고 하겠다.

그러나 人蔘抽出液의 投與로서는 NP-SH의 값이 GSH의 投與 때와 비슷하며 60分에서 높은 값을 나타내었으나 X-線照射와 併用했을 때는 오히려 正常보다 낮은 값을 나타내어서 GSH와 同一한 保護의 現象은 認定할 수가 없다. 이러한 傾向은 NP-SS에서도 大體로 비슷하며 特히 人蔘抽出液과 X-線을 併用하였을 때 NP-SH 및 NP-SS가 모두 正常以下로 낮은 값을 나타내게 됨은 理解키 어렵고, 그 理由는 더욱 繼續해서 追究해야 될 課題라고 生覺된다.

血中の NP-SH는 X-線照射만으로 30分에서 急激히 顯著히 높은 값을 나타내었을 때 이 點은 鄭 및 徐²³⁾가 指摘한 것처럼 X-線照射만으로도 NP-SH는 生體의 一種의 自家防禦의 方法의 하나로서 細胞內의 SH 基의 遊離 或은 生産이 增加된 結果가 아닌가고 思料되고, 特히 肝組織에서는 X-線照射만으로 NP-SH의 값이 正常에 比하여 別로 큰 變化가 없음에 比하여 血中 NP-SH는 有意하게 높아진 것은 1,200 r의 X-線照射로서 生體 各部의 NP-SH가 初期에는 動員되어서 一旦 血中으로 集中되고, 그 後 다시 生體 各部의 必要에 따라 NP-SH가 再分配되는 結果가 아닌가고 推測된다.

人蔘抽出液이 血中 NP-SH에 미치는 影響에서 單獨 投與로서는 30分 및 60分에서 正常보다 若干 높은 값을 나타내었는데 X-線照射直前に 投與했을 때에는 正常에 比하여 30分에서는 若干 높고 그 後는 곧 正常과 비슷한 값을 나타내고 있다. 그러나 이것만으로서 人蔘抽出液이 放射線損傷에 對하여 或種의 防禦의 作用을 나타낸다고는 速斷키 어려우나 分明히 人蔘抽出液中에 含有되고 있는 物質이 量的으로는 적다 하더라도 代謝에 무슨 影響을 미치고 있다는 것은 確實하며 放射線保護作用의 有無에 對해서는 앞으로 더욱 깊은 檢討가 要求된다고 하겠다.

結 論

마우스를 材料로 하여 GSH 및 人蔘抽出液의 單獨

投與 및 投與直後 1,200 r의 X-線全身照射를 한 各群으로 나누어 30, 60 및 120 分에서 肝組織에서는 NP-SH 및 NP-SS, 血中에서는 NP-SH를 測定하여 正常의 그것들과 比較하였든 바 다음의 結論을 얻었다.

1) 肝組織의 NP-SH의 正常値는 $5.90 \pm 0.46 \mu\text{mol/gm wet wt.}$ 이고 NP-SS의 正常値는 $3.02 \pm 0.42 \mu\text{mol/gm wet wt.}$ 이었고 血中 NP-SH는 $3.98 \pm 1.29 \mu\text{mol/ml}$ 이었다.

2) 肝組織의 NP-SH는 GSH 및 人蔘抽出液投與로서 모두 30 分에서 最高値에 達하여 그 後는 次次 正常値와 비슷하였고 X-線照射로서는 60 分에서 繼續 正常値에 比하여 低下된 傾向을 나타내었다. 人蔘抽出液投與後 X-線照射로서는 모두 正常보다 低下되었고, 特히 60 分에서 最低値를 나타내었고, GSH 投與後 X-線照射로서는 各 時間에서 모두 正常에 比하여 높은 값을 나타내었다.

3) 肝組織의 NP-SS는 GSH 投與로서는 30 分에서 相當히 上昇되었다가 그 後는 正常値로 가라워지고, 人蔘抽出液投與로서 60 分까지는 若干 上昇하였다가 그 後는 正常으로 돌아왔다.

한편 X-線照射만으로는 正常에 比하여 全實驗時間에서 모두 낮은 값을 나타내었다.

GSH 投與後 X-線照射群에서 60 分까지 높은 값을 나타내다가 그 後는 正常値와 가까워졌고 人蔘抽出液投與後 X-線照射로서는 全體적으로 正常보다 낮은 값을 나타내었다.

4) 血中 NP-SH는 GSH 投與後 X-線照射群만을 除外하고는 全實驗群에서 모두 正常値에 比하여 높은 값을 나타내었고 特히 X-線照射만으로는 30 分에서 急激히 上昇하였음이 特異하였다.

(本 研究에 積極的인 協助를 해주신 崔瓊淑先生께 깊히 感謝드린다)

REFERENCES

- 1) Bacq, Z.M. and Alexander, P.: *Fundamentals of Radiobiology*. Pergammon Press, New York, 1961.
- 2) Pihl, A. and Eldjarn, L.: *Advances in Radiobiology*. Oliver and Boyd, Edinburgh, 1957.
- 3) Revesz, L., Bergstrand, H. and Modig, H.: *Intrinsic nonprotein sulfhydryl levels and cellular radiosensitivity*. *Nature*, 198:1275, 1963.
- 4) Eldjarn, L. and Pihl, A.: *Mechanisms in Radio-biology*, Vol. II. Eerrera, M. and Forsberg, A. (eds.) *Acad. Press, New York*, p231, 1960.
- 5) Eldjarn, L. and Jellum, E.: *IAEA panel on radiation damage to the biological molecular information system with special regard to the role of SH group*, 1968.
- 6) Balabuka, V.S.: *Chemical protection of the body against ionizing radiation, International series of monographs on pure and applied biology*. Pergammon Press, New York, 1963.
- 7) 李三英: Cysteine 이 마우스 肝組織의 內在 NP-SH, NP-SS 및 蛋白質含量에 미치는 影響. *綜合醫學*, 13:443, 1968.
- 8) 盧英夏, 朱永恩: Reduced Glutathione 이 單回 및 分割 X-線全身照射를 입은 마우스 肝組織의 NP-SH 및 NP-SS에 미치는 影響. *綜合醫學*, 13:697, 1968.
- 9) 俞春植, 朱永恩: X-線照射가 Ehrlich 癌細胞의 容積, 蛋白質 및 數種 Sulfhydryl 基에 미치는 影響. *대한생리학회지*, 3:77, 1969.
- 10) 申鉉國, 朱永恩: 單回 및 分割 in vitro X-線照射가 家兔의 肝 및 肺組織의 NP-SH 및 NP-SS에 미치는 影響. *最新醫學*, 14:51, 1971.
- 11) 李圭源, 朱永恩: Reduced Glutathione 및 寒冷露出이 X-線全身照射를 입은 마우스 數種臟器의 NP-SH 및 NP-SS에 미치는 影響. *대한생리학회지*, 6:11, 1972.
- 12) 朱永恩: Nitromin, 8-AG, Molin-mycetin(B) 및 人蔘 extract 가 Yoshida ascites Hepatoma 肝癌白쥐의 oxidative phosphorylation, glycolysis 및 組織呼吸에 미치는 影響. *韓國醫藥*, 3:63, 1960.
- 13) 李相城: 數種의 steroid hormone 및 人蔘抽出液이 Ehrlich 腹水肝癌 마우스의 肝 및 腎組織의 酸素消費量, 解糖作用 및 核酸量에 미치는 影響. *綜合醫學*, 8:87, 1963.
- 14) 文영빈, 박원호: 고려인삼이 흰쥐의 장기 무게에 미치는 영향. *대한생리학회지*, 4:33, 1970.
- 15) 김주영: 고려인삼이 흰쥐의 몸무게에 미치는 영향. *대한생리학회지*, 4:71, 1970.
- 16) 김 철, 최 현, 김정진, 김종규, 김명석, 허만경: 고려인삼이 흰쥐의 장기조직 핵산 함유량에 미치는 영향. *대한생리학회지*, 5:23, 1971.
- 17) Ellman, G.L.: *Determination of non-protein bound sulfhydryl groups*. *Arch. Biochem. Biophys.*,

- 82:70, 1959.
- 18) Dohan, J.S. and Woodward, G.E.: *Electrolytic reduction and determination of oxidized glutathione. J. Biol. Biochem.*, 131:301, 1940.
- 19) Lea, D.E.: *Actions of Radiation on Living Cells. Cambridge Univ. Press, 2nd ed., 1963.*
- 20) Bacq, Z.M. and Alexander, P.: *Importance for radio protection of the reaction of cells to sulfhydryl and disulfide compound. Nature*, 203:162, 1964.
- 21) Pihl, A. and Eldjarn, L.: *Pharmacological aspects of ionizing radiation and of chemical protection in mammals. Pharma. Rev.*, 10:437, 1958.
- 22) Deherty, D.G.: *Radiation Protection of the Body against Ionizing Radiation. Pergamon Press, 1963.*
- 23) 鄭福得, 徐修之: 單回 및 分割 X-線全身照射가 家兔의 血中 NP-SH에 미치는 影響. 대한내과학회잡지, 14:49, 1971.