

# Reduced Glutathione 의 In Vitro 添加가 마우스肝組織의 內在 NP-SH 및 NP-SS 에 미치는 影響

慶北大學校 醫科大學 生理學教室

<指導 朱 永 恩 教授>

吳 相 由

=Abstract=

## Effect of Reduced Glutathione on Non-Protein Sulfhydryl and Non-Protein Disulfide of the Mouse Liver in Vitro

Sang You Oh, M.D.

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

(Director: Prof. Young Eun Choo)

In view of the recent knowledge on the radioprotective action of reduced glutathione (GSH), the present study was designed to elucidate the effect of some concentrations of GSH on the levels of intrinsic non-protein sulfhydryl (NP-SH) and non-protein disulfide (NP-SS) of the mouse liver incubated at 4, 25 and 37C in vitro, respectively.

The liver slice of the mouse was incubated at 4, 25 and 37C in the medium composed of 100 ml of Krebs-Ringer phosphate buffer (KRP) with the addition of 10, 20 and 30 mg of GSH, respectively.

Measurement of NP-SH and NP-SS was made at 5, 30 and 60 min during the course of the incubation, and the results were compared with the controls which were incubated only in KRP medium, and the normal.

The results thus obtained are summarized as follows:

1. When the mouse liver slice was incubated at 4C, the values of both NP-SH and NP-SS of the control and the group where 10 mg of GSH was added to the incubation medium were similar to those of the normal group, and the increase of NP-SH and NP-SS with the increased concentrations of GSH was not prominent.

2. When the liver slice was incubated in the concentrations of GSH 20 mg/100 ml KRP and GSH 30 mg/100 ml KRP at 25 C, the rate of increase of both NP-SH and NP-SS was proportional to the increase of GSH concentration.

In the group where 10 mg of GSH was added to the incubation medium, the value of NP-SH and NP-SS reached the highest value at 30 min, but a tendency of decrease was observed at 60 min.

3. The rate of increase of NP-SH and NP-SS of the liver was most marked of all the group studied when the incubation temperatuse was elevated to 37C, and the increase was proportional to the concentration of GSH and the incubation time.

## 緒 論

數種의 sulfhydryl 化合物을 放射線照射 直前に 生體에 投與함으로써 放射線の 損傷으로부터 生體를 化學的으로 保護할 수 있다 함은 最近 모든 生物系에서 確立되어 있는 事實<sup>1-5)</sup>이나, 其中 特히 glutathione 은 glutamic acid, cysteine 및 glycine 으로서 構成된 tripeptide 이며 還元狀態로서 生體에 注入하여야만 保護作用을 나타내고, 더우기 reduced glutathione (GSH)은 다른 SH 化合物에 比해서 毒性 및 副作用이 적어서 放射線保護物質로서 가장 많이 利用된다고 한다<sup>1,6)</sup>.

한편 GSH 를 爲始한 SH 化合物들이 어떠한 機轉에 依해서 電離放射線の 損傷으로부터 生體 或은 細胞를 保護하는 作用을 나타내는가에 對하여서는 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 確立되어 있지 않음이 現狀이다<sup>1-5)</sup>.

그러나 그 正確한 作用機轉이 무엇이던 間에, 保護作用이 나타나기 爲해서는 이러한 SH 化合物들이 細胞內的의 目標分子(target molecule) 속이나 또는 그 周圍에 集中되어야만 할 것이며<sup>6,7)</sup>, 特히 注入된 SH 化合物과 細胞內的의 sulfhydryl (SH) 或은 disulfide (SS)基와의 相互反應關係가 가장 重要한 意義를 가질 것이다<sup>3,7,8)</sup>. 그뿐만 아니라 Bacq 및 Alexander<sup>9)</sup>에 依하면, in vivo 에서 投與된 SH 化合物質이 細胞內로 容易하게 擴散되어 갈뿐 아니라 細胞內的의 內在 SH 基의 level 도 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 等<sup>6)</sup>은 Ehrlich 腹水癌細胞를 使用한 in vitro 에서 X-線 照射를 한 後, 그 non-protein sulfhydryl (NP-SH) 및 non-protein disulfide (NP-SS) 의 量的變化를 觀察한 實驗에서 細胞內 NP-SH 및 NP-SS 의 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. 또한 Revesz 및 Modig<sup>9)</sup>은 cysteamine 의 投與로서 細胞內的의 NP-SH 量은 相對的으로 增加되고, 이때의 sulfhydryl increasing factor (SIF)는 dose reduction factor (DRF)와 同一하다고 報告한 바 있다. 卽 豺狼의 腎臟細胞를 cysteamine 과 같이 incubate 하니, SIF 는 radioresistance 와 同一하고 따라서 細胞內的의 NP-SH 量의 增加如何에 따라 放射線에 對한 保護作用의 強度가 決定된다고 하였다.

이처럼 SH 化合物의 投與로서 細胞內的의 內在 NP-SH 및 NP-SS 의 量的增加가 일어나고, 이 點으로서 SH 物質의 放射線保護作用의 機轉의 一端을 認定한다면, SH 物質 特히 GSH 의 濃도를 달리하여, in vitro 에서 數種의 溫度條件下에서 組織細胞를 incubate 하고, 時間經過에 따라 內在 NP-SH 및 NP-SS 의 量이 어떻게 變化하는냐를 안다는 것은 이 方面의 研究의 가장 基本的 課題로서 重要하고도 興味있는 일이라 하겠다.

이러한 見地에서 著者は GSH 의 數種 濃度の 溶液中에 마우스의 肝組織을 4, 25 및 37 C 의 溫度에서 各各 incubate 하고 時間經過에 따라 肝組織內的의 NP-SH 및 NP-SS 를 測定하여 對照群의 그것과 比較하고 興味있는 結果를 얻었기에 그 結果를 發表코려한다.

## 實驗材料 및 方法

### I. 實驗材料

實驗動物은 雜種 흰 마우스로서 總 60匹을 雌雄의 區別없이, 體重 20~25 gm 의 成熟 健康한 것을 任意로 選擇하여 使用하였다.

本 實驗에서 使用한 reduced glutathione (GSH)은 Nutritional Biochemical Corp.製이다.

### II. 實驗方法

實驗動物은 cervical dislocation 으로서 犧牲시킨 後 直時 肝組織을 摘出하여 torsion balance 로서 其中 50 mg 을 秤量한 後 各各 다음의 溶液中에서 每分間約 50回씩 振盪하면서 incubate 하였다.

卽 1) GSH 10 mg/100 ml Krebs-Ringer Phosphate buffer(KRP) (pH 7.4)

2) GSH 20 mg/100 ml KRP ( " )

및 3) GSH 30 mg/100 ml KRP ( " )

Incubation 을 繼續할 때의 水槽의 溫度는 各各 1)  $4 \pm 0.2 C$ , 2)  $25 \pm 0.2 C$  및 3)  $37 \pm 0.2 C$  이며 incubation 中, 5分, 30分 및 60分에서 各各 NP-SH 및 NP-SS 를 定量하고, 正常群 및 對照群 (GSH 의 添加만을 除外하고는 同一 條件下에서 incubate 한 群)의 그것과 서로 比較하였다.

NP-SH 의 定量은 Ellman<sup>10)</sup>의 方法에 따랐으며 NP-SS 의 定量은 電氣還元製置를 使用하고, 40 mA 로서 20 分間 電氣還元을 繼續함으로써 Dohan 및 Woodward<sup>11)</sup>의 electrolytic reduction 方法에 따랐다.

實驗成績

1. NP-SH의變動

마우스 肝組織에서 얻은 NP-SH의 正常値는 그 平均 및 그 標準偏差가  $6.44 \pm 0.62 \mu\text{mol/gm wet wt.}$ 이다 그러나 4C의 溫度 條件下에서 incubate 한 對照群의 NP-SH는 incubation 5分에는  $7.07 \pm 0.66 \mu\text{mol/gm wet wt.}$ 으로서 正常値에 比하여 若干 높은 값을 나타내었고 30分 및 60分에서는 오히려 正常値보다 若干 낮은 값을 나타내는 傾向을 보였으나 大體적으로 正常値와 大差가 없었다.

한편 GSH添加로서는 GSH 10 mg/100 ml의 濃度로서는 NP-SH의 값이 大體로 對照群의 그것과 同一한 傾向을 나타내며 比하여 GSH 20 mg/100 ml 및 HSH 30 mg/100 ml의 濃度로서는 incubation 各 時間에서 모두 NP-SH가 正常이나 對照群의 그것에 比하여 相當히 높은 값을 나타내었고 이러한 傾向은 GSH 濃度가 높을수록 뚜렷하였다(第1表 및 第1圖).

마우스 肝組織을 25C에서 incubate 하였을 때는 第2表 및 第2圖에서 보는 바와 같이 對照群의 NP-SH는 正常値에 比하여 大差 없었으나 GSH添加로서는 GSH의 濃度에 比例하여 NP-SH의 값이 높아졌고, 특히 GSH 20 mg/100 ml 및 GSH 30 mg/100 ml의 濃度로서는 NP-SH의 增加의 樣相이 顯著하였을 뿐 아니라

Table 1. Changes of NP-SH of mouse liver incubated with or without GSH at 4C in vitro

Incubation Time (min)	Normal Mean*±SD (n)	Control Mean*±SD (n)	GSH 10 mg/100 ml Mean*±SD (n)	GSH 20 mg/100 ml Mean*±SD (n)	GSH 30 mg/100 ml Mean*±SD (n)
5	$6.44 \pm 0.62$ (14)	$7.07 \pm 0.66$ (10)	$6.60 \pm 0.71$ (8)	$7.32 \pm 0.80$ (8)	$7.62 \pm 0.81$ (7)
30	$6.44 \pm 0.62$ (14)	$5.87 \pm 0.70$ (10)	$5.71 \pm 0.48$ (8)	$7.75 \pm 0.70$ (8)	$8.30 \pm 0.62$ (7)
60	$6.44 \pm 0.62$ (14)	$6.05 \pm 0.53$ (10)	$5.22 \pm 0.55$ (7)	$8.40 \pm 0.72$ (7)	$8.62 \pm 0.77$ (7)

\* :  $\mu\text{mol/gm wet weight tissue}$ ,  
GSH: Reduced glutathione,

SD: Standard deviation,  
n: Number of observation.

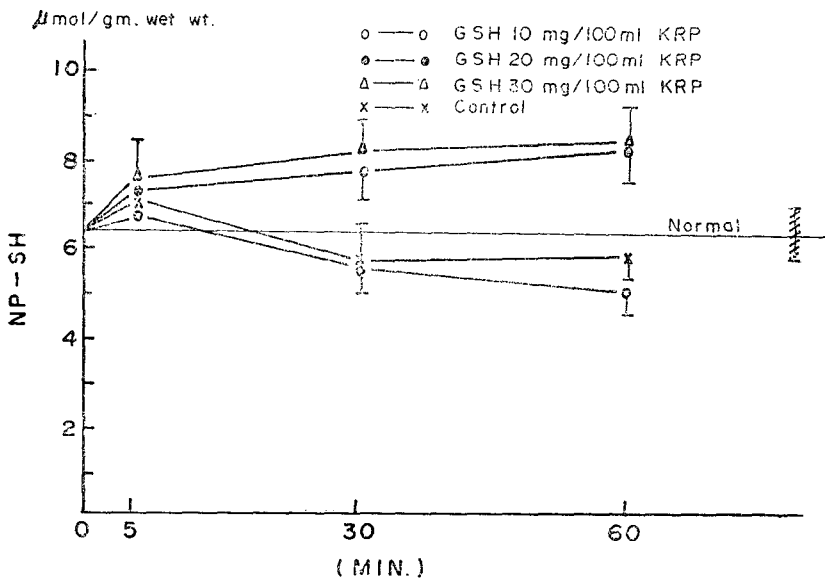


Fig. 1. Changes of NP-SH of mouse liver incubated with or without GSH at 4C in vitro.

Table 2. Changes of NP-SH of mouse liver incubated with or without GSH at 25 C in vitro

Incubat. time (min)	Normal Mean*±SD (n)	Control Mean*±SD (n)	GSH 10 mg/100 ml Mean*±SD (n)	GSH 20 mg/100 ml Mean*±SD (n)	GSH 30 mg/100 ml Mean*±SD (n)
5	6.44±0.62 (14)	6.68±0.48 (10)	6.42±0.83 (8)	7.18±0.89 (8)	8.72±0.62 (7)
30	6.44±0.62 (14)	6.00±0.55 (8)	7.62±0.77 (8)	9.21±1.21 (8)	10.82±1.22 (7)
60	6.44±0.62 (14)	6.16±0.70 (8)	6.76±0.72 (8)	10.51±1.50 (7)	10.90±1.32 (7)

Legends are same as in Table 1.

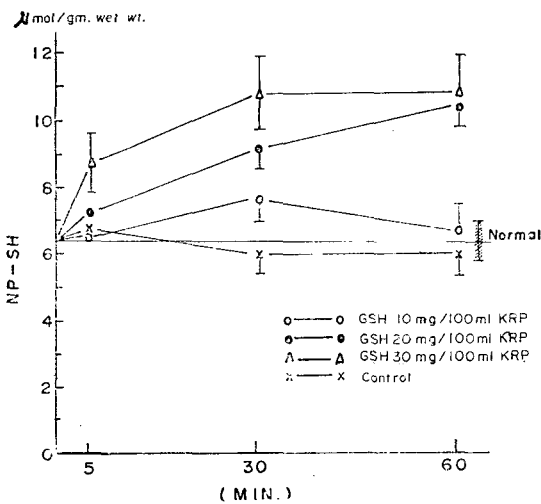


Fig. 2. Changes of NP-SH of mouse liver incubated with or without GSH at 25C in vitro.

incubation 60分까지도 繼續 NP-SH가 增加되는 樣相을 나타내었고, 特히 GSH 30 mg/100 ml의 濃度에서 30分間 incubate 하였을 때는  $10.82 \pm 1.22 \mu\text{mol/gm wet wt.}$ , 그리고 60分에서는  $10.90 \pm 1.32 \mu\text{mol/gm wet wt.}$ 로서

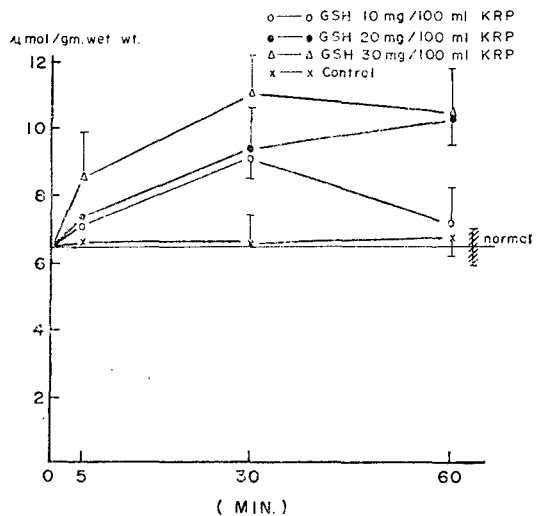


Fig. 3. Changes of NP-SH of mouse liver incubated with or without GSH at 37C in vitro.

繼續 높은 NP-SH의 값이 維持되었음을 볼 수 있었다. 37 C에서 incubate 한 群에서는 全實驗群에서 NP-SH가 모두 正常値보다 顯著히 增加되어 있음을 볼 수 있었고, 特히 GSH 30 mg/100 ml의 濃度로서 incubate後

Table 3. Changes of NP-SH of mouse liver incubated with or without GSH at 37C in vitro

Incubat. time (min)	Normal Mean*±SD (n)	Control Mean*±SD (n)	GSH 10 mg/100 ml Mean*±SD (n)	GSH 20 mg/100 ml Mean*±SD (n)	GSH 30 mg/100 ml Mean*±SD (n)
5	6.44±0.62 (14)	6.51±0.72 (10)	7.15±0.92 (8)	7.40±1.02 (8)	8.61±1.21 (7)
30	6.44±0.62 (14)	6.49±0.80 (8)	9.32±1.20 (8)	9.38±1.12 (8)	11.02±1.52 (7)
60	6.44±0.62 (14)	6.81±0.70 (8)	7.20±0.95 (8)	10.50±1.22 (7)	10.62±1.20 (7)

Legends are same as in Table 1.

Table 4. Changes of NP-SS of mouse liver incubated with or without GSH at 4C in vitro

Incubat. time (min)	Normal Mean*±SD (n)	Control Mean*±SD (n)	GSH 10 mg/100 ml Mean*±SD (n)	GSH 20 mg/100 ml Mean*±SD (n)	GSH 30 mg/100 ml Mean*±SD (n)
5	2.91±0.40 (14)	3.02±0.42 (10)	3.37±0.52 (8)	3.78±0.62 (8)	4.10±0.62 (7)
30	2.91±0.40 (14)	2.62±0.38 (8)	3.58±0.48 (8)	3.84±0.55 (8)	4.82±0.60 (7)
60	2.91±0.40 (14)	2.35±0.42 (8)	3.30±0.35 (6)	4.01±0.52 (7)	4.75±0.58 (7)

Legends are same as in Table 1.

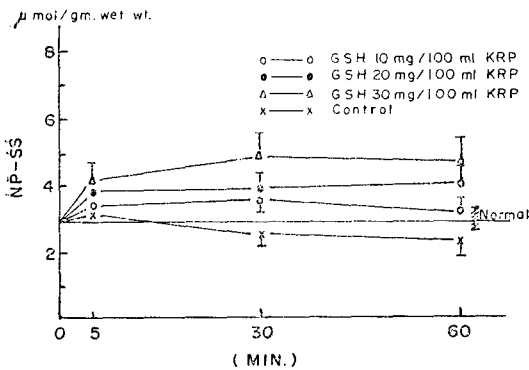


Fig. 4. Changes of NP-SS of mouse liver incubated with or without GSH at 4C in vitro.

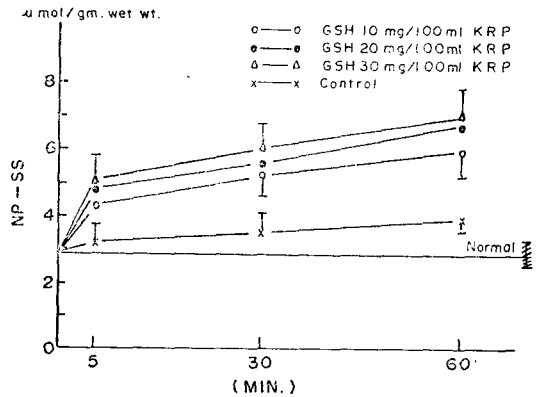


Fig. 5. Changes of NP-SS of mouse liver incubated with or without GSH at 25C in vitro.

30분에서는 11.02±1.52 μmol/gm wet wt.로서 全實驗을 통하여 最高値를 나타내었다(第3表 및 第3圖參照).

II. NP-SS의變動

第4表에서 보는 바와 같이 마우스 肝組織 14例에서 얻은 NP-SS의 正常値는 2.91±0.40 μmol/gm wet wt.인데 比하여, GSH의 添加없이 4C에서 incubate한 對照群의 NP-SS는 incubation 5分에서는 3.02±0.42로

서 正常値와 비슷하나 30分 및 60分에서는 各各 2.62±0.38 및 2.35±0.42 μmol/gm wet wt.로서 漸次 若干의 低下가 있음을 볼 수 있다.

GSH의 添加로서는 GSH의 濃度가 클수록 比例的으로 NP-SS도 높음을 볼 수 있고(第4表 및 第4圖參照), 더욱이 GSH 20 mg/100 ml 및 GSH 30 mg/100 ml에서는 incubation 30分 및 60分까지 NP-SS가 繼續對照群보다 높은 값을 維持하고 있음을 볼 수 있다.

Table 5. Changes of NP-SS of mouse liver incubated with or without GSH at 25C in vitro

Incubat. time (min)	Normal Mean*±SD (n)	Control Mean*±SD (n)	GSH 10 mg/100 ml Mean*±SD (n)	GSH 20 mg/100 ml Mean*±SD (n)	GSH 30 mg/100 ml Mean*±SD (n)
5	2.91±0.40 (14)	3.17±0.42 (10)	4.22±0.60 (8)	4.78±0.39 (8)	5.01±0.75 (7)
30	2.91±0.40 (14)	3.38±0.50 (8)	5.40±0.62 (8)	5.55±0.48 (8)	6.00±0.62 (7)
60	2.91±0.40 (14)	4.01±0.38 (8)	6.00±0.80 (8)	6.82±0.70 (7)	7.12±0.82 (7)

Legende are same as in Table 1.

Table 6. Changes of NP-SS of mouse liver incubated with or without GSH at 37C in vitro

Incubat. time (min)	Normal Mean*±SD (n)	Control Mean*±SD (n)	GSH 10 mg/100 ml Mean*±SD (n)	GSH 20 mg/100 ml Mean*±SD (n)	GSH 30 mg/100 ml Mean*±SD (n)
5	2.91±0.40 (14)	3.08±0.42 (10)	4.22±0.38 (8)	5.12±0.68 (8)	5.60±0.80 (7)
30	2.91±0.40 (14)	3.48±0.48 (10)	5.40±0.72 (8)	6.02±0.82 (8)	6.82±0.52 (7)
60	2.91±0.40 (14)	4.91±0.62 (10)	5.51±0.70 (8)	7.00±1.00 (7)	7.20±0.82 (7)

Legends are same as in Table 1.

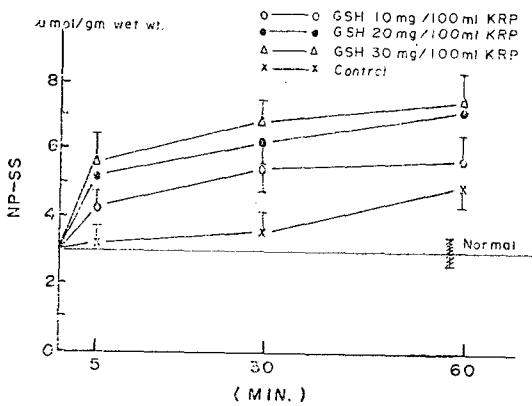


Fig. 6. Changes of NP-SS of mouse liver incubated with or without GSH at 37C in vitro.

25 C에서 incubate 한 群에서는 對照群의 NP-SS가 時間의 經過로서 正常値에 比하여 若干 높은 값을 나타내고 있을 뿐 아니라 GSH 添加로서는 對照群에 比하여 相當히 높은 값을 나타내며, 時間의 經過로서 繼續 增加되는 樣相을 나타내고 있고, 增加의 程度는 添加한 GSH의 濃度에 比例함을 볼 수 있다.

특히 NP-SS의 增加는 4 C에서 incubate 한 群에 比하여 그 度가 顯著함을 볼 수 있다(第5表 및 第5圖 參照).

37 C에서 incubate 한 群에서는 對照群에서 incubate 60분에 4.91±0.62 μmol/gm wet wt.로서 正常値보다 相當히 높은 값을 나타내고 있으며, 全般적으로 4 C와 25 C에서 incubate 한 各 對照群에 比하여 높은 NP-SS를 나타내고 있다.

GSH의 添加로서는 GSH의 濃度에 比例하여 NP-SS가 높아짐은 4 C에서나 25 C에서와 同一하나 增加되는 傾向이 37 C에서 incubate 하였을 때가 가장 顯著하였고, 특히 GSH 30 mg/100 ml의 濃度에서 60分間

incubate 한 群에서는 7.20±0.82 μmol/gm wet wt.로서 最高値를 나타내었음을 볼 수 있다.

### 考 察

Tripeptide 인 glutathione 은 動物界 및 微生物界에 널리 分布되어 있고 重要한 生理的 意義를 갖고 있음이 알려져 있다. 即 各種 酵素反應, 細胞膜透過 또는 數種 peptide hormone의 作用機轉에 關與할<sup>12)</sup>뿐 아니라 生物體의 energy 代謝에 있어서도 水素傳導體로서의 役割을 하고 있음<sup>13)</sup>이 밝혀져 있다.

그러나 아직도 glutathione의 生理的 意義에 對해서는 不明한 點이 許多하다<sup>14)</sup> 하겠다.

近年에 와서, 特히 reduced glutathione (GSH)이 放射線損傷에 對한 化學的 保護物質로서 가장 有効하다<sup>1,5,14)</sup>는 것이 알려진 以來 GSH를 實驗動物에 投與하고 放射線照射를 하여 그 保護作用을 檢討한 業績은 많다<sup>1-6,8,15-18)</sup>.

Bacq 및 Alexander<sup>1)</sup>, Pihl 및 Eldjarn<sup>4)</sup>과 Revesz 등<sup>6)</sup>에 依하면, GSH와 같은 SH化合物의 投與로서 細胞內의 non-protein sulfhydryl (NP-SH) 및 non-protein disulfide (NP-SS)가 增加되고, 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<sup>1,3,19,20)</sup>. 그뿐 아니라 生體가 放射線照射를 받게 되면 組織 乃至 細胞內의 NP-SH 및 NP-SS가 곧 遊離되거나 또는 生成되어서 이들이 放射線損傷을 입은 細胞 周邊에 集中한다 함은 이미 盧 및 朱<sup>15)</sup>, 李<sup>21)</sup>, 俞 및 朱<sup>22)</sup>, 申 및 朱<sup>23)</sup>가 發表한 바 있다.

以上과 같은 見地에서 放射線保護作用이 가장 強한 것으로 알려져 있는 GSH의 數種 濃度의 溶液中에 마우스의 肝組織을 두고 4 C, 25 C 및 37 C의 溫度條件下에서 各各 incubate 하여 時間經過에 따른 肝組織內의 NP-SH 및 NP-SS의 變化되는 樣相을 살펴봄으로

서, GSH 를 爲始한 SH 化合物의 放射線 保護作用의 機轉의 一端을 究明하기 위하여 本 實驗을 試圖한 것인데, 그 結果를 綜合하여 보면, GSH 의 濃度가 높을수록 그리고 時間이 經過될수록 60分까지는 繼續 NP-SH 및 의 값이 높아짐을 볼 수 있었다.

특히 GSH 30 mg/100 ml 의 濃度에서 incubate 하였을 때는 NP-SH 및 NP-SS 의 增加되는 樣相이 各 溫度에서 모두 低濃度의 GSH 溶液中에서 incubate 한데 比하여 顯著하였고, 또한 37 C 에서 incubate 하였을 때의 NP-SH 및 NP-SS 의 增加는 4 C 및 25 C 에서 incubate 하였을 때보다 더욱 뚜렷하였다.

이러한 點은 cysteine, cysteamine, glutathione 等, SH 基를 含有하고 있는 化合物은 細胞內로 容易하게 들어갈 수 있을 뿐 아니라, 細胞內에서 內在 SH 基의 遊離도 促進시킬 수 있다는 것<sup>5,6,8)</sup>으로 미루어 보아 쉽게 理解할 수 있으나, incubation 60分까지 繼續 肝組織의 NP-SH 및 NP-SS 가 높아지고 또한 增加의 樣相이 GSH 의 濃度에 比例하는 點으로 보아 GSH 의 細胞內 進入은 單純한 擴散(diffusion)에 依한다고 하기는 어렵다.

中尾等<sup>24)</sup>은 <sup>35</sup>S-GSH 의 溶液中에서 赤血球를 incubate 하고 赤血球內로 取入되는 GSH 의 量과 速度를 檢討 報告하였는데, 이들에 따르면 incubation 5分에서 30分 사이에서 가장 顯著히 GSH 가 赤血球內로 取入되고 그後 30分까지는 取入率이 적다고 하였고, GSH 의 赤血球內 移動은 facilitated diffusion 에 依한 것이 아니고 하였다. 그러나 肝組織內로 GSH 가 移動되는 樣相에 關해서는 本 研究을 除外하고는 別로 뚜렷한 報告가 없어 比較考察기는 어려우나 肝組織內로도 GSH 는 赤血球膜을 通하는 것과 비슷한 樣相과 機轉으로서 移動되는 것이라고 思料된다.

한편 低溫下에서는 一般的으로 組織의 各種代謝機能 이 低下될 것이고, 따라서 SH 化合物의 細胞內 移動역시 遲延되거나 或은 防止된다는 點<sup>1)</sup>으로 미루어, 低溫狀態에서의 GSH 의 細胞內 移動을 보기 爲하여 4 C 라는 溫度를 本 實驗에서 使用하였으나 NP-SH 및 NP-SS 가 모두 25 C 나 37 C 에서 incubate 하였을 때 比하여 大體로 低下되어 있음을 볼 수 있었다.

以上과 같은 結果로서 미루어 볼 때, 放射線에 對한 保護의 目的으로 GSH 를 使用함에 있어서는 溫度는 體溫과 비슷한 狀態가 低溫에 比하여 有效할 것이며, 一定範圍內에서는 使用하는 GSH 의 濃度가 높을수록 保護作用이 더 強하에 有效하다고 할 수 있겠다.

## 要 約

마우스 肝組織을 數種 濃度의 GSH 溶液中에서 各各 4 C, 25 C 및 37 C 의 溫度속에서 incubate 하고, 5分, 30分 및 60分에서 各各 NP-SH 및 NP-SS 의 量을 定量하여 正常 및 對照群의 그것들과 比較한 結果 다음의 結果를 얻었다.

1) 4 C 에서 incubate 한 群에서는 對照群 및 GSH 10 mg/100 ml KRP 의 濃度에서 大體로 正常值에 比하여 大差없는 NP-SH 및 NP-SS 를 나타내고 GSH 의 濃度가 높아져도 SH 基의 增加는 顯著치 않았다.

2) 25 C 에서 incubate 한 群에서의 NP-SH 및 NP-SS 는 GSH 20 mg/100 mg KRP 및 GSH 30 mg/100 mg KRP 의 兩群에서 GSH 의 濃度와 時間經過에 比例해서 增加하였고, GSH 10 mg/100 ml KRP 群에서는 incubation 30分에서 最高值를 나타내고 60分에서는 오히려 若干 低下되는 傾向을 나타내었다.

3) 37 C 에서 incubate 한 群에서는 GSH 濃度와 incubation 의 時間에 比例해서 NP-SH 및 NP-SS 가 大體로 增加하고 增加의 率도 가장 顯著하였다.

## 參 考 文 獻

- 1) Bacq, Z.M. and Alexander, P.: *Fundamentals of Radiobiology*. London, Pergammon Press, 1961.
- 2) Doherty, D.G.: *Radiation Protection and Recovery*. Ed., A. Hollaender, London, Pergammon Press, 1960.
- 3) Balabukha, V.S.: *Chemical Protection of the Body Against Ionizing Radiation*. London, Pergammon Press, 1963.
- 4) Pihl, A. and Eldjarn, L.: *Advances in Radiobiology*. Edinburgh, Oliver and Boyd, 1957.
- 5) Pihl, A. and Eldjarn, L.: *Pharmacological aspects of ionizing radiation and of chemical protection in mammals*. *Pharm. Rev.*, 10:437, 1958.
- 6) Revesz, L. Bergstrand, H. and Modig, H.: *Intrinsic non-protein sulphhydryl levels and cellular radiosensitivity*. *Nature*, 198:1275, 1963.
- 7) Revesz, L. and Bergstrand, H.: *Radiation protection by cysteamine and cellular sulphhydryl levels*. *Nature*, 200:4906, 1963.
- 8) Bacq, Z.M. and Alexander, P.: *Importance for*

- radioprotection of the reaction of cells to sulfhydryl and disulfide compound. Nature., 203:162, 1964.*
- 9) Revesz, L. and Modig, H.: *Cysteamine-induced increase of cellular glutathione-level; A new hypothesis of the radioprotective mechanism. Nature, 207:430, 1965.*
- 10) Ellman, G.L.: *Determination of non-protein bound sulfhydryl groups. Arch. Biochem. Biophys, 82: 70, 1959.*
- 11) Dohan, J.S. and Woodward, G.E.: *Electrolytic reduction and determination of oxidized glutathione. J. Biol. Chem., 131:301, 1940.*
- 12) Straub, F.B.: *Proceedings of the plenary sessions, 7th International Congress of Biochemistry. IUB, 36:41, 1967.*
- 13) Laurent, T.C., Moore, E.C. and Reichard, P.: *Enzymatic synthesis of deoxyribonucleotides. IV. Isolation and characterization of thioredoxin, the hydrogen donor from E. Coli B. J. Biol. Chem. 239:3436, 1964.*
- 14) 早石 修, 市山 新 : *グルタチオンの生化学. 研究篇 I. グルタチオン研究の進歩. 東京, 診断と治療社, 1969.*
- 15) 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.*
- 16) 李在福 : *Reduced glutathione 이 X-線 全身照射를 입은 마우스 摘出 十二指腸의 自動收縮性에 미치는 影響. 대한생리학회지, 5:43, 1971.*
- 17) 李重吉·朱永恩 : *Reduced glutathione 이 X-線全身照射를 입은 마우스 十二指腸의 NP-SH 및 NP-SS에 미치는 影響. 대한생리학회지, 5:55, 1971.*
- 18) 吳長錫 : *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-SS에 미치는 影響. 대한생리학회지, 6:59, 1972.*
- 19) Eldjarn, L. and Pihl, A.: *Mechanisms in Radiobiology, Vol. II. Eerrera, M. and Forsberg, A. (Eds.) New York, Acad. Press, 1960.*
- 20) 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.*
- 21) 李三英 : *Cysteine 이 마우스 肝組織의 內在 NP-SH NP-SS 및 蛋白含量에 미치는 影響. 綜合醫學, 13:443, 1968.*
- 22) 俞春植·朱永恩 : *X-線照射가 Ehrlich 癌細胞의 容積·蛋白量 및 數種 sulfhydryl 基에 미치는 影響. 대한생리학회지, 3:771, 1969.*
- 23) 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.*
- 24) 中尾 喜久·服部 理男·八幡 義人 : *赤血球グルタチオンについて, 早石 修, 市山 新 編 : グルタチオン研究の進歩. 東京, 診断と治療社, 1969.*