

# 單回 및 分割 X線 胸部 照射가 家兔 肺胞 表面活性 物質에 미치는 影響

慶北大學校 醫科大學 生理學教室

金 浚 · 朱 永 恩

= Abstract =

## Effect of Single or Fractionated X-Irradiation on the Pulmonary Surfactant in Rabbits

Jun Kim, M.D. and Young Eun Choo, M.D.

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

In an attempt to clarify the effect of X-irradiation on the activity of surfactant in rabbits, and also to observe the possible difference when the irradiation was made in single or fractionated dose, X-ray in dose of 900 r was irradiated to rabbits either in single or fractionated dose of 300 r each day for three days.

Tension-area diagram of lung extract was recorded automatically by a modified Langmuir-Wilhelmy balance with a synchronized recording system designed in this department. The surface tension of lung extract was measured at 1, 3, 5, 24, and 48 hours post-irradiation, and the results were compared with the non-irradiated normal group.

The result obtained are summerized as follows:

- 1) The maximal surface tension, minimal surface tension, width of the tension-area diagram at the surface area of 40% in lung extract, and stability index of the normal rabbit lung extracts were 40.73 dynes/cm, 8.96 dynes/cm, 20.71 dynes/cm, and 1.28 respectively.
- 2) Activity of surfactant was significantly depressed by X-irradiation, and the pattern of depression was more prominent in the single irradiation group than in the fractionated group.
- 3) It was found that the changes of the width of the tension-area diagram at the surface area of 40% in lung extract and stability indices corresponded well with that of the maximal or minimal surface tension.

### 緒 論

1929年 von Neergaard(1929)가 처음으로 肺胞表面의 특異한 物理的 性狀이 肺 機能에 重要한 意義를 갖고 있을 것이라고 發表한 以來 肺胞表面에 表面張力을

低下시키는 薄膜이 있을 것이라는 것은 Mcklin(1954) 및 Pattle(1955)에 依하여 이미 報告되었다.

Clements(1957)는 이 物質을 抽出하는데 成功하고 이를 "anti-atelectatic factor"라고 命名하였고 그後 이 物質이 lipoprotein(Buckingham, 1961) 또는 phospholipid 系(Klaus, et al, 1961)라는 서로 相異한 主張이 있었으나 지금에 와서는 그 主된 成分이 lecithin이며 그 外

\* 本 論文의 要旨는 1970年 第22次 大韓生理學會에서 發表하였음.

에 phospholipid도 主要 構成 成分이 되는 複合物質이 라는 事實이 많은 研究者들(Buckingham, et al, 1966; McClenahan and Urtnowski, 1967; Kuenzig, et al, 1965; Abrams, 1966; Naimark 1966; Scarpelli, et al, 1967)에 依하여 밝혀져 있음은 周知의 事實이다.

그러나 이러한 肺泡 表面活性物質의 活性이 肺의 加溫(Clements and Trahan, 1963)에 依하여 또는 純酸素(Morgan, et al, 1965; Giamona, et al, 1965)나 肺의 過度擴張(Greenfield, et al, 1964)에 依하여 低下되며, 試驗管內에서는 血漿(Tierney, 1965) 또는 fibrinogen (Taylor and Abrams, 1964)에 依하여 非活性化된다는 등, 여러가지 狀態 또는 實驗條件에 依한 表面活性 物質의 活性變化에 關한 業績들이 많이 이루어져 있음에도 不拘하고 表面活性物質의 活性變化過程 또는 變化程度에 關해서는 아직 明確한 結論을 내리지 못하고 있음이 現狀이다.

한편 生體에 放射線이 照射되면 照射를 입은 生體組織에는 곧 化學的 變化가 招來되어 數時間 乃至 數週 以內에 各種 代謝의 混亂 및 破壞가 結果된다(Lea, 1962; Bacq and Alexander, 1961)는 것은 잘 알려져 있는 事實이다.

現今 放射線의 利用이 社會 各 分野에서 急進的으로 增加됨에 따라 人體가 放射線에 露出되는 機會나 程度가 漸增하고(Little, 1966) 있을 뿐 아니라 放射線 深部治療가 臨床 各 分野에서 많이 利用되고 또한 이의 副作用이 問題視되고 있으나 아직 放射線照射가 肺泡 表面活性物質에 미치는 影響을 究明한 業績은 本教室의 李(1968)의 研究를 除外하고는 別로 알려져 있지 않다.

한편 一定量의 放射線을 單회에 生體에 照射하기 보 다 分割의 方法으로서 數회에 나누어 照射하므로써 癌治療等에서 더욱 有效한 結果를 얻고 있음은 臨床的으로 잘 알려져 있고, 또한 흔히 利用되고 있다. 以上과 같은 見地에서 著者들은 家兎에 900 r의 X-線照射를 單회에 한 群과 300 r씩 3회에 分割照射한 群으로 나누고 照射後 48時間까지 經時的으로 肺泡의 表面活性物質의 表面張力을 測定하여 X-線照射의 影響을 觀察하고 그 結果를 얻었기에 發表코져 한다.

實驗材料 및 方法

I. 實驗動物：

本 大學 動物舍에서 同一 條件下에서 飼育 중인 體重 2 kg 前後의 外見上 健康한 家兎를 雌雄의 區別없이 任意로 選擇하였으며 總 66匹의 家兎들은 다음과 같은

實驗群으로 나누었다. 即

[1] 對照群：正常家兎에서 肺 抽出液을 만든 群(12例)

[2] X-線 照射群：

① 900 r 單回 照射群：總 27匹로서 다시 照射後 1時間群(6匹), 3時間群(6匹), 5時間群(5匹), 24時間群(5匹) 및 48時間群(5匹)의 小群으로 나누었다.

② 300 r씩 3回 分割照射群：每日 同一時刻에 300 r의 X-線 全身照射를 3日間 繼續하므로써 總量 900 r의 X-線 全身照射를 한 群으로서, 總 27匹을 다시 照射後 1時間群(6匹), 3時間群(6匹), 5時間群(5匹) 24時間群(5匹) 및 48時間群(5匹)으로 나누었다.

II. X-線 照射：

X-線照射는 家兎를 仰臥位로 固定하여 胸部에 中心을 두고 照射하였으며 照射條件은 200 Kv, 15 mA, 1 mmAl 및 0.5 mmCu filter의 使用으로서, 900 r 및 300 r의 照射線量의 調節은 照射時間으로 하였다.

III. 肺 抽出液의 作成法：

肺 抽出液의 作成은 Clements等(Clements, et al, 1961)의 方法에 準하였고 그 詳細한 것은 이미 本教室의 李(1968)가 記述한 바와 同一하다.

IV. 肺 抽出液의 表面張力測定 및 記錄：

肺 抽出液의 表面積 增減에 따른 表面張力 變化測定을 爲하여 Brown等(1959)이 使用한 裝置인 Langmuir-Wilhelmy balance를 改造하여 抽出液의 表面積을 擴大 또는 縮小시킴에 따른 表面張力의 變化를 連續的으로 記錄할 수 있는 裝置를 本教室에서 考案하여 使用하였으며 그 裝置의 略圖는 第1圖와 같고, 그 詳細한 것은 李(1968)가 記述한 바와 같다.

抽出液의 表面積을 反復하여 增減시킬 때 肺泡 表面活性物質의 最少 表面張力은 漸次 더 低下되어 5~6mm의 表面積 壓縮, 擴張後에 一定值로 固定되는 것으로 報告되어 있으며(Buckingham, 1961, Clements, et al,

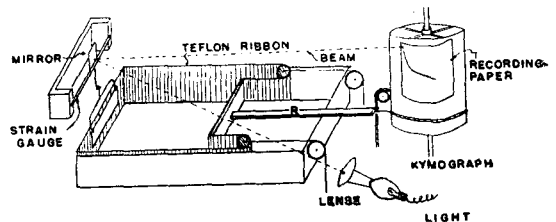


Fig. 1. Schematic representation of the device for the recording of surface tension change following expansion or reduction of surface area.

1961) 本實驗에서도 第5回 以後에 表面張力이 安定됨을 確認하고 全實驗에서 第5回때의 張力-面積曲線을 實驗成績으로 取하였다.

V. 張力-面積曲線의 幅 計算과 Extract stability index 의 計算

肺 抽出液이 나타내는 hysteresis 의 程度를 張力-面積曲線의 幅으로 表現하여 보기 爲하여 全群에서의 T-A 曲線을 分析하여 보았던바 그 幅이 가장 큰 곳이 거의 全例에서 表面積 40%線이었으며, 따라서 이 點에서의 T-A 曲線의 幅을 dyne/cm 으로 表示하였고, 또한 Clements 等(1961)이 提案한 extract stability index ( $S=2(r \text{ max.} - r. \text{ min.}) / (r. \text{ max.} + r. \text{ min.})$  (r max. 는 最大 表面張力, r. min. 은 最少 表面張力)을 計算하였다.

實驗成績

I. 對照群

正常家兔의 肺 組織에서 作成한 肺 抽出液의 表面張力을 最大 表面積에서부터 10%까지 縮少시켰다가 다시 擴張시키면서 그린 tension-area(T-A)曲線의 典型的인 例는 第2圖에서 보는 바와 같다. 여기서 보는 바와 같이 表面積을 減少시키면 처음에는 急激히, 다음에는 徐徐히 表面張力이 低下하여 10 dynes/cm 以下로 내려왔다가 表面積을 增大시키에 따라 表面張力이 처음에는 急激히, 後에는 極히 徐徐히 增加되어 하나의 閉曲線을 形成하고, 肺 抽出液의 T-A 曲線에서 볼 수 있는 hysteresis 現象을 나타내고 있다.

正常家兔 12例에서 얻은 肺 抽出液의 最大 表面張力, 最少 表面張力 및 表面積 40%線에서의 T-A 曲線 幅의 平均値 및 標準偏差는 第1表에서 보는 바와 같이 各各 40.73±3.76 dynes/cm, 8.96±1.04 dynes/cm 및 20.71±5.03 dynes/cm 였다.

本實驗에서 얻은 上記 各値는 姜(1968) 및 金(1964)의 成績에 比하여서는 最大 및 最少値가 모두 낮고, Scarpelli 等(1967), Greenfield 等(1967) 및 李(1938) 등이 發表한 成績과는 거의 一致된다.

Table 1. Surface tension of minced lung extracts in normal rabbits

Expel. No.	Surface tension, dyne/cm		
	Maximum	Minimum	Width*
1	35.0	7.2	22.0
2	50.2	10.3	12.8
3	37.4	9.0	36.2
4	43.2	8.6	19.4
5	40.6	10.2	25.0
6	40.2	9.3	21.0
7	41.3	9.5	15.3
8	39.6	8.0	16.4
9	42.7	10.1	20.8
10	38.3	7.3	21.5
11	39.3	8.8	18.3
12	40.9	9.2	19.8
Mean	40.73	8.96	20.71
SD	3.76	1.04	5.03

\*Width of tension-area diagram at area of 40%.

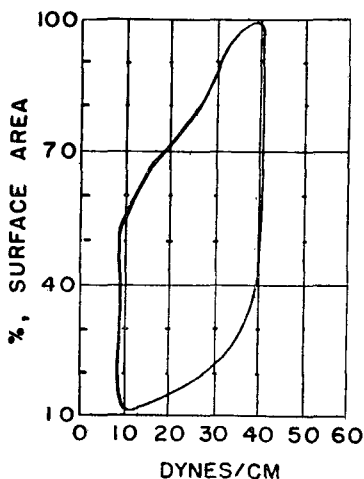


Fig. 2. A typical tension-area diagram of minced lung extract of normal rabbit.

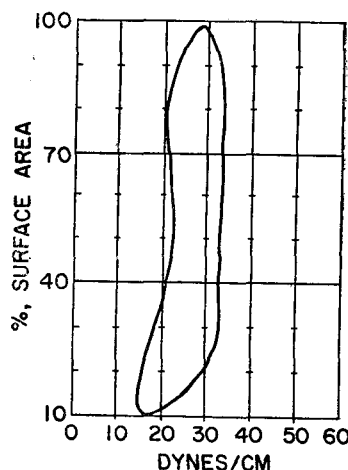


Fig. 3. A sample of tension-area diagram of minced lung extract of X-irradiated rabbit.

Table 2. Surface tensions of minced lung extracts in 900 r X-irradiated rabbits(single)

Surface tension (dyne/cm)	Hour after irradiation	Control	1 hr.	3 hrs.	5 hrs.	24 hrs.	48 hrs.
		Maximum	Mean	40.73	38.00	40.32	36.41
	SD	3.76	3.51	4.20	4.01	3.87	4.23
Minimum	Mean	8.96	8.09	12.00	13.61	16.52	15.06
	SD	1.04	1.07	1.37	1.58	2.30	2.07
Width*	Mean	20.71	21.03	18.35	15.98	14.05	15.16
	SD	5.03	4.86	2.32	2.05	2.11	2.80
No. of cases		12	6	6	5	5	5

\*Width of tension-area diagram at area of 40%.

Table 3. Surface tensions of minced lung extracts in 900 r X-irradiated rabbits(fractionated)

Surface tension (dyne/cm)	Hour after irradiation	Control	1 hr.	3 hrs.	5 hrs.	24 hrs.	48 hrs.
		Maximum	Mean	40.73	40.60	38.62	38.75
	SD	3.76	3.82	4.20	3.75	4.23	4.70
Minimum	Mean	8.96	9.05	7.38	7.69	11.50	13.60
	SD	1.04	1.07	0.78	0.83	1.23	1.50
Width*	Mean	20.71	21.53	20.02	23.22	16.32	17.08
	SD	5.03	3.86	2.07	4.30	2.00	1.80
No. of cases		12	6	6	5	5	5

\*Width of tension-area diagram at area of 40%.

II. X-線 照射群

第3圖은 X-線照射를 한 家兔 肺에서 얻은 肺抽出液의 表面張力の 變化가 일어난 한 例의 T-A 曲線이며, 第2圖의 正常例의 T-A 曲線과 比較할 때 最大 表面張力에는 큰 變化를 볼 수 없으나 最少 表面張力은 顯著히 增加되어 있을 뿐 아니라, hysteresis의 幅 또한 相當히 좁아져 있음을 볼 수 있다.

900 r의 X-線을 單回 或은 300 r씩 3回에 分割하여 家兔에 照射한 後 肺 組織에서 얻은 肺 表面活性 物質의 最大 및 最少 表面張력과 表面積 40%線에서의 幅을 各 實驗時間에서 얻은 값과 對照群의 그것들과 比較하면, 第2表, 第3表, 第4圖 및 第5圖에서 보는 바와 같다.

여기서 보는 바와 같이 最大張力은 900 r 單回照射로서는 照射後 1時間에서부터 對照值에 比하여 漸次 低下되어서 48時間에서는 平均 32.74 dynes/cm 으로서 가장 많이 低下되어 있으나 48時間值를 除外하고는 對照值에 比하여 有意한 變化를 얻지 못하였고, 300 r씩 3回 分割照射群에서는 對照值에 比하여 全實驗時間에서 모두 若干 그 最大張力이 減少되는듯 하나 有意한 變化는 아니었고, 單回照射群과 分割照射群을 比較한

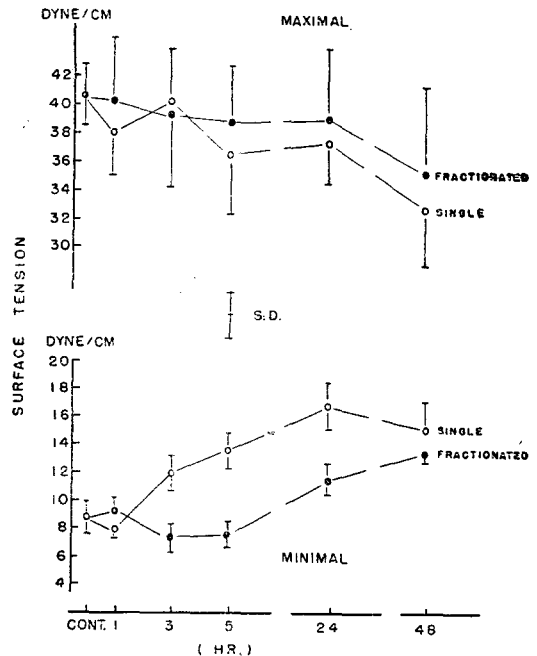


Fig. 4. Changes of maximal and minimal surface tensions of minced lung extracts of 900 r irradiated rabbits.

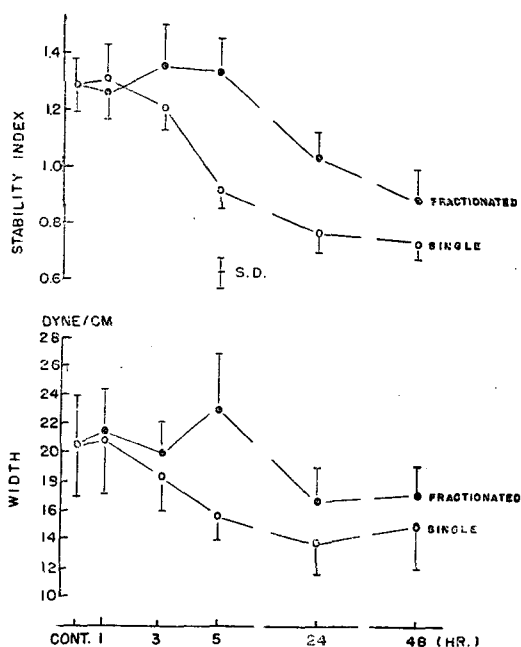


Fig. 5. Changes of width and stability index of minced lung extracts of 900 r, irradiated rabbits.

바는 비록 單回照射群의 最大張力의 變化가 分劃照射群의 그것에 比하여 低下된 傾向을 나타내기는 하나 各 實驗時間에서 모두 兩者間에는 有意한 差異를 認定할 수가 없었다.

그러나 最少張力의 變化는 單回照射群에서는 對照值에 比하여 全實驗時間에서 모두 增加되었고, 特히 5時間(P<0.02), 24時間(P<0.01) 및 48時間(P<0.02)에서는 對照值에 比하여 有意하게 增加되어 있고 24時間以後에서는 最少張力이 對照值의 約 2倍까지 增加되었음을 보았다.

한편 分劃照射群에서의 最少張力의 變化는 對照值에

比하여 5時間까지는 비슷한 傾向을 나타내었고, 24時間 및 48時間에서는 若干 增加되었으나 全例에서 對照值에 比하여 有意하지는 않았다(P<0.3 및 P<0.4). 그러나 單回 및 分劃照射兩群의 最少張力의 時間的 變化에 있어서는 分明히 單回照射群의 그것이 分劃照射群에 比하여 增加되어 있고, 特히 5時間(P<0.02) 및 24時間(P<0.05)에서는 有意한 變化를 함을 보았다.

表面積 40%에서 T-A 曲線의 幅은 單回照射群에서는 照射後 5時間부터는 좁아져서 48時間에서는 15.16 dynes/cm 까지 縮少되고 全體의으로 對照值에 比하여서는 減少된 傾向을 나타내었고, 分劃照射群에서도 大體로 照射後 時間經過로서 T-A 曲線의 幅이 對照值에 比하여 縮少되었으나 有意한 變化를 나타내지 못하였다.

한편 單回 및 分劃照射 兩群의 T-A 曲線의 幅을 比較하면 分劃照射群의 그것이 單回群에 比하여 分明히 크나, 兩者間에는 各 時間마다 有意한 差異는 아니었다. 한편 對照群 및 X-線照射를 한 各群에서 그 stability index( $\bar{S}$ )를 計算하여본 結果는 第 4表 및 第 5圖에서 보는 바와 같거니와, 對照群에서는  $\bar{S}$ 가 1.28로서 姜(1968)이 發表한 正常家兔 肺 抽出液의  $\bar{S}$ , 1.00 보다는 크나, 李(1968)가 發表한 1.39와는 大差없고, 正常犬에서는  $\bar{S}$ 가 1.9(Kentner, et al, 1965)까지도 될 수 있음에 비추어 볼 때 本實驗에서 얻은  $\bar{S}$ 值도 正常範圍內에 있음을 알 수 있다.

單回照射群에서는 그  $\bar{S}$ 가 對照值에 比하여 低下되어 있고, 特히 5時間에서는 0.91, 24時間에서는 0.78 및 48時間에서는 0.74 로서 顯著히 低下되어 있음을 본다.

分劃照射群에서도  $\bar{S}$ 는 對照值에 比하여 低下되어 있으나 有意한 變化를 나타내지는 못하며, 分劃 및 單回照射群의  $\bar{S}$ 를 比較하면 5時間(P<0.01) 및 24時間(P<0.03)에서는 有意한 差異를 나타내었다. T-A 曲線의 幅으로서 肺 抽出液의 hysteresis 程度를 數值로 表現하고, 이것과 S와의 關係를 보면(第 5圖) T-A 曲

Table 4. Changes in stability index of minced lung extracts following 900 r X-irradiation

Group	Control	Single irradiation					Fractionated irradiation				
		1 hr.	3 hrs.	5 hrs.	24 hrs.	48 hrs.	1 hr.	3 hrs.	5 hrs.	24 hrs.	48 hrs.
Mean	1.28	1.30	1.21	0.91	0.78	0.74	1.27	1.36	1.34	1.09	0.88
SD	0.06	0.16	0.12	0.08	0.09	0.06	0.13	0.13	0.11	0.09	0.09
No. of cases	12	6	6	5	5	5	6	6	5	5	5

Stability index:  $\bar{S} = 2(r_{max} - r_{min}) / (r_{max} + r_{min})$ .

線의 幅과 S 와의 變化에는 差異가 있으나 그 變化의 傾向은 一致함을 알 수 있다.

### 考 察

放射線照射에 依하여 生體組織에는 化學的變化가 招來되고 數時間 乃至 數週 以內에 各種 代謝의 混亂과 破壞가 結果된다(Lea, 1962, Bacq & Alexander, 1961)는 것은 勿論이나 X-線과 같은 放射線의 照射로서 核酸은 相當히 強한 影響을 받게되고, 그 量이나 作用이 低下될 수 있는 것도 이미 報告되어 있다(Vermund et al, 1954; Tillotson & Warren, 1953, 徐, 1964).

따라서 核酸에 依하여 調節되고 運營되는 各種 酵素의 活性 및 細胞의 再生, 增殖 等の 機轉이 二次的으로 低下될 것은 當然하다 하겠다(李, 1968).

肺泡 表面活性 物質은 肺泡內面에 薄膜을 形成하고 있고, 肺臟內에서 脂肪酸으로부터 合成된다는 事實(Buckingham, et al, 1966; Nars & Heinemann, 1965, Johnson, et al, 1964)과 肺泡內 細胞의 mitochondria가 表面活性 物質 合成에 直接 關與한다는 說(Klaus, et al, 1962, Tombropoulos, 1964)을 아울러 생각할때 放射線照射에 依하여 二次的으로 細胞內의 各種 酵素의 活性 또는 代謝過程에 變化가 오게되고, 따라서 肺泡 表面活性 物質의 生成 역시 低下되어 肺의 力學的 安定성이 減少될 것이라는 것은 쉽게 推測할 수 있겠다.

著者들이 얻은 本實驗의 結果를 綜合하여 보면 900 r의 X-線照射群에서는 單回 照射로서나 分割 照射로서 모두 最大張力은 照射後 1時間부터 對照에 比하여 低下되어 48時間까지 低下되는 傾向을 繼續 나타내고 한편 最少張力은 反對로 照射 1時間에서 48時間까지 對照에 比하여 顯著히 높아져 있음을 알 수 있다.

그뿐 아니라 T-A 曲線의 面積 40%에서의 幅도 X-線照射로서는 48時間까지 繼續 低下되는 傾向을 나타내고, stability index 또한 時間 經過로서 繼續 對照보다 低下되는 것을 볼 수 있다.

따라서 900 r의 X-線 照射로서 肺泡 表面活性 物質의 活性도는 照射後 48時間까지는 繼續 低下됨을 알 수 있다.

이처럼 X-線 照射로서 肺泡 表面活性 物質의 活性이 抑制되는 機轉으로서는

- 1) X-線의 ionizing effect에 依하여 이미 生成되어 있는 表面活性 物質이 變化 或은 分解될 可能性과
- 2) 表面活性 物質을 合成, 分泌한다고 알려진 granular pneumocyte(Klaus, et al, 1962, Tombropoulos, 1964; Buckingham, et al, 1966, Greenfield, et al,

1967, 李, 1968)의 機能低下로 因한 表面活性 物質의 減量의 두 가지로 생각할 수 있겠다.

더우기 X-線照射 直後부터 이미 表面活性 物質의 變性을 招來할 本實驗의 結果를 보면 ionizing effect가 X-線照射 直時에 일어난다는 報告(Bacq & Alexander, 1961, Little, 1968, a & b)와 合致된다고 하겠다.

또한 X-線 照射로서 表面活性 物質의 活性 低下가 granular pneumocyte의 表面活性 物質의 合成 및 分泌機能의 抑制로서 이루어질 것이라는 것은 放射線 照射로서 細胞內의 mitochondria 및 核酸에 變化가 오게 되고, 따라서 細胞의 모든 代謝過程이 阻害될 것(Little, 1968, b; Dale, 1940, Adelstein, 1965)을 參照할 때 쉽게 理解할 수 있다 하겠다.

한편 一定量의 放射線을 單回에 生體에 照射하기 보다 分割(fractionation)의 方法으로서 數回에 나누어 照射하므로써 癌治療 등에서 더욱 有效한 結果를 얻고 있음은 臨床的으로 잘 알려져 있는 바이다. 即 臨床的으로 放射線의 效果를 測定함에는 照射의 rate(r/min), 各 照射量의 크기, 照射의 간격 및 照射 總時間 등이 重要한 關係를 갖고 있을 것이고(Glasser, et al, 1961), 放射線을 分割하여 照射할 때는 同一量의 放射線을 單回에 照射함에 比하여 健康組織에 對한 損傷을 적게할 수 있고, 따라서 患部에 對한 照射量을 相當히 增加시킬 수 있는 利點이 있을 것이다.

著者들이 얻은 結果를 보면 900 r의 X-線을 單回에 照射한 群에서는 同一量의 線量을 300 r씩 3회에 分割하여 照射한 群에 比하여 肺泡 表面活性 物質의 活性이 더욱 甚히 抑制되어 있음을 볼 수 있고 이것은 最大張力의 變化에서 보다 最少張力의 變化에서 더욱 뚜렷이 볼 수 있다.

또한 T-A 曲線의 面積 40%에서의 幅이나 stability index로서도 單回 照射群에서는 分割照射群에 比하여 더 甚한 抑制를 나타내고 있음을 알 수 있다.

따라서 本 實驗의 結果로서 肺泡 表面活性 物質의 活性도에 미치는 X-線의 影響에서도 單回照射보다는 分割照射가 有利하다는 것을 確認하는 바이다.

肺泡 表面活性 物質의 活性도를 알기 爲하여서는 最大表面張力은 큰 意義를 갖지 못하고(Giammona, et al, 1965; Greenfield, et al, 1967; 姜, 1968, 李 1968) 오히려 最少張力만으로써도 活性도를 表現할 수 있다는 點과 肺泡 表面活性 物質의 活性 및 安定성은 T-A 曲線으로서 가장 잘 表示될뿐 아니라 그 幅測定值와 stability index의 計算值만으로써도 充分히 活性도를 表現할 수 있다(姜, 1968, 金, 1964, Kentera, et al,

1965, 李, 1968)는 提案은 著者의 本 實驗의 結果로서 도 同一한 傾向을 나타냄에 비추어 認定하는 바이다.

### 結 論

放射線이 肺胞表面活性 物質의 活性度에 미치는 影響과 同一量의 放射線量을 單回에 照射할 때와 分割하여 照射할 때에 나타나는 影響을 比較觀察하기 爲하여 900 r 의 X-線을 家兎에 單回 或은 300 r 씩 3 회에 分割照射한 後 1, 3, 5, 24 및 48 時間에서 肺를 摘出하여 肺抽出液을 만들고 本 教室에서 考案 製作한 表面張力測定 및 連速描記 裝置를 使用하여 肺抽出液의 張力一面積曲線을 描記, 表面張力變化를 測定하여, 肺胞表面 活性物質의 活性度를 健康家兎의 그것과 서로 比較한 結果, 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 正常家兎 肺抽出液의 最大 表面張力, 最少 表面張力, 張力面積曲線 40%의 幅 및 stability index 는 各各 40.73 dynes/cm, 8.96 dynes/cm, 20.71 dynes/cm 및 1.28 이었다.

2) X-線照射에 依하여 肺胞表面 活性物質의 活性은 有意하게 阻害되었으며 그 傾向은 單回照射群이 分割照射群에 比하여 더욱 뚜렷하였다.

3) 肺胞表面 活性物質의 活性을 表示하는 한 方法으로서 肺抽出液의 張力一面積曲線上의 面積 40%線에서 의 幅 및 stability index 의 變化는 肺抽出液의 最大 및 最少張力의 變化와 잘 一致되었다.

### 參 考 文 獻

Adelstein, S.J.: *Radiation induced changes in biologically active macromoles. Radiol. Clin. North America*, 3:181, 1965.  
 Abrams, M.E.: *Isolation and quantitative estimation of pulmonary surface-active lipoprotein. J. Appl. Physiol.* 21:718, 1966.  
 Bacq, Z.M. and Alexander, P.: *Fundamentals of Radiobiology, 2nd Ed., Pergamon Press, Oxford. London, New York, Paris, 1961, pp. 409-410.*  
 Brown, E.S., Johnson, R.P. and Clements, J.A.: *Pulmonary surface tension. J. Appl. Physiol.* 14:717, 1959.  
 Buckingham, S.: *Studies on the identification of an antiatelectasis factor in normal sheep. Am. J. Diseases. Child.* 102:521, 1961.

Buckingham, S., Heinemann, H.O., Sommers, S.C. and McNary, W.F.: *Phospholipid synthesis in the large pulmonary alveolar cell. Am. J. Path.* 48:1027, 1966.  
 Clements, J.A.: *Surface tension of lung extracts. Proc. Soc. Exp. Med.* 95:170, 1957.  
 Clements, J.A., Husted, R.F., Johnson, R.P. and Gribetz, I.: *Pulmonary surface tension and alveolar stability. J. Appl. Physiol.* 16:444, 1961.  
 Clements, J.A. and Trahan, H.A.: *Effect of temperature on pressure volume characteristics of rat lungs. Federation Proc.* 22:281, 1963.  
 Dale, W.M.: *Effect of X-rays on enzymes. Biochem. J.* 34:1376, 1940.  
 Glasser, O., Qumby, E.H., Taylor, L.S., Weatherwax, J.L. and Morgan, R.H.: *Physical Foundations of Radiology, 3rd Ed. Paul B. Hoeber Inc. p. 302, 1961.*  
 Giammona, S.T., Kerner, D. and Bondurant, S.: *Effect of oxygen breathing at atmospheric pressure on pulmonary surfactant. J. Appl. Physiol.* 20:855, 1965.  
 Greenfield, L.J., Evert, P.A. and Benson, D.W.: *Effect of positive pressure ventilation on surface tension properties of lung extract. Anesthesiology* 25:312, 1964.  
 Greenfield, L.J., Chernick, V., Dodson, W.A. and Brumley, G.W.: *Alterations in pulmonary surfactant following compression atelectasis, pulmonary artery ligation and reimplantation of the lung. Ann. Surg.* 166:109, 1967.  
 Johnson, R.P., Levine, B.E. and Cumings, E.G.: *Alteration of pulmonary surfactant and quasi-static pressure-volume relationships of rat lungs. Federation Proc.* 23:156, 1964.  
 Kentera, D., Wallace, C.R., Hamilton, W.F. and Ellison, L.T.: *Venous admixture in dogs with chronic pulmonary hypertension. J. Appl. Physiol.* 20:919, 1965.  
 Klaus, M., Reiss, O.K., Tooley, W.H., Piel, O. and Clements, J.A.: *Alveolar epithelial cell mitochondria as source of the surface active lung. Science* 137:750, 1962.

- 姜賢植：Ozone, 酸素 및 *Epineprine* 이 肺胞表面活性 物質에 미치는 影響에 關하여. 綜合醫學, 13: 43, 1968.
- Kuenzig, M.C., Hamilton, R.W. Jr. and Peltier, L.F.: *Dipalmitoyl lecithin: Studies on surface properties. J. Appl. Physiol.* 20:779, 1965.
- 李 鐵：胸部 X-線照射가 家兔肺胞表面活性物質에 미치는 影響. 大韓生理學會誌, 2:63, 1968.
- Lea, D.E.: *Actions of Radiation on Living Cells. Cambridge Univ. Press.* 1962.
- 金仁顯：肺胞의 表面活性物質의 性狀에 關한 研究. 綜合醫學, 9:1201, 1964.
- Little, B.J.: *Environmental Hazards; Ionizing radiation. New Eng. J. Med.* 275:929, 1966.
- Little, J.B.: *Cellular effects of ionizing radiation. New Eng. J. Med.* 278:308, 1968.a
- Little, J.B.: *Cellular effects of ionizing radiation (concluded): New Eng. J. Med.* 278:369, 1968.b
- McKlin, C.C.: *The pulmonary alveolar mucoid film and the pneumocytes. The Lancet* 1:1099, 1954.
- McClenahan, J.B. and Urtnowski, A.: *Effect of ventilation on surfactant and its turnover rate. J. Appl. Physiol.* 23:215, 1967.
- Morgan, T.E., Finley, T.N., Huber, G.L. and Fialkow, H.: *Alteration in pulmonary surface active lipoids during exposure to increased oxygen tension. J. Clin. Invest.* 44:1737, 1965.
- Naimark, A.: *Pulmonary blood flow and the incorporation of palmitate-C 14 by dog lung in vivo. J. Appl. Physiol.* 21:1292, 1966.
- Nars, K. and Heinemann, H.O.: *Lipid synthesis by rabbit lung tissue in vitro. Am. J. Physiol.* 208:118, 1965.
- Von Neergaard, K.: *Neue Auffassungen Uber einen Grundbegriff der Atem-mechanik: Die Retractionskraft der lunge, adhagig von der Oberfluachenspannung in dem Alveolen. Ztschr. fd. ges. exper. Med.* 66:373, 1929.
- Pattle, R.E.: *Properties function and origin of alveolar lining layer. Nature* 175:1125, 1955.
- 徐尙永：X-線照射斗 *Actinomycin-D* 의 單獨 및 併用 이 白鼠 數種組織의 呼吸, 解糖代謝 및 核酸量에 對한 影響에 關한 實驗的 研究. 大韓內科學會誌, 7:9, 1964.
- Scarpelli, E.M., Cultario, B.C. and Taylor, F.A.: *Preliminary identification of the lung surfactant system. J. Appl. Physiol.* 23:880, 1967.
- Taylor, F.B. Jr. and Abrams, M.E.: *Inhibition of clot lysis by surface active lipoprotein from lung and inhibition of its surface activity by fibrinogen. Physiologist.* 7:269, 1964.
- Tillotson, F.W. and Warren, S.: *Nucleoprotein changes in the gastrointestinal tract following total body roentgen irradiation. Radiology* 61:249, 1953.
- Tierney, D.F.: *Pulmonary surfactant in health and diseases. Disease of Chest.* 47:247, 1965.
- Tombropoulos, E.G.: *Fatty acid synthesis by subcellular fractions of lung tissue. Science* 146:1180, 1964.
- Vermund, H., Barnum, C.P., Huseby, R.A. and Stenstrom, K.W.: *The effect of roentgen radiation on the incorporation of radiophosphorus into nucleic acids and other constituents of mouse mammary carcinoma. Cancer Res.* 13:633, 1953-quoted from *Abstracts of Current Literature in Radiology*, 63:313, 1954.