

## 組織等價 補償 필터의 製作을 爲한 考案

延世大學校 醫科大學 放射線科學教室

金 明 珍 · 李 道 行 · 崔 炳 肅

### —Abstract—

#### New Design of the Styrofoam Scooping Device to make A Compensating Filter

M. J. Kim, B.Sc., D.H. Lee, M.D., D.M.Sc., B.S. Choi, M.D., D.M.Sc.

*Department of Radiology and Nuclear Medicine, Yonsei University  
College of Medicine, Seoul, Korea*

The irradiation of certain tumours presents a special problem in dose planning when the skin surface is irregular, then the usual treatment plan and isodose curve do not result in homogeneous irradiation of the tumour.

And then the authors designed a new styrofoam scooping device to make a styrofoam block including a minified wax compensators which will correct for surface irregularities without sacrificing the skin sparing.

The styrofoam block must be cut in the exact geometrical relations used for patient treatment.

The procedure is easy, accurate, and reproduciable and provides compensating which is individualized for each patients.

### I. 緒 論

放射線 治療에 高 에너지 放射線 治療裝置를 利用하게 됨에 따라 腫瘍線量の 増加 및 皮膚損傷의 減少等 많은 長點을 나타내고 있음은 周知의 事實이다.

그러나 頭部 및 頸部와 같이 不規則한 傾斜面을 包含한 患部의 경우 이로인한 表面線量の 増加 및 非理想的 深部線量 分布가 생겨 計劃한 바대로 理想的 治療效果를 거둘수없는 結果가 招來됨으로 高 에너지 放射線 固有의 利點을 減少 시키는바 이의 是正을 爲한 補正方法이 要求되었다.

이를 解決하기 爲한 方案으로 線源과 治療部圈間에 傾斜面을 均一한 平面으로 補正하기 爲한 組織等價 吸

收物質을 介在시켜야 하는데 이러한 放射線補償問題는 過去 medium energy 領域에선 患部表面에 組織等價物質을 附着하여 解決하는 方法을 使用하였으나 高 에너지 領域에선 Hall과 oliver(1960) 등이 Al. 금속을 利用하였고 Van de Geijn(1965) 및 Jackson(1970)은 wax wedge를 利用하는등 많은 사람들에 依한 여러 方法이 紹介된바있다.

그러나 患部表面을 正確히 補償할수 없는 問題點이 있고 또한 이의 製作을 爲한 特殊工作器具의 도움 없이는 患者 마다에 따른 各個의 補償 filter를 製作하기 爲해서 많은 時間이 消耗되고 正確히 製作할수 없는 難點이 있다. 이를 解決하기 爲해 著者들은 患部表面으로부터 適當한 距離를 分離 二次線으로 인한 皮膚線量 增加를 防止하고 患者마다에 따른 正確한 補償을 할수 있고

신속하게 compensator를製作할수 있는 特殊 工作器具를 考案하였다.

이 器具는 線源을 中心으로한 患部間의 同心軸上的 幾何學的 聯關性을 應用하여 線源과 患部 사이의 位置에 styrofoam block을 介在케하여 軸上에서 皮膚表面과 同一한 曲面의 陰型이 파이도록 製作器具를 設計하였고 製作된 styrofoam 陰型에 組織等價物質을 充填, 縮少된 補償 filter를 包含한 styrofoam block을 完成하였다.

## Ⅱ. 製作 및 方法

放射線治療에 있어서 補償方法은 均等 主照射線束內에서 傾斜 患部表面을 均一한 平面으로 補償한 組織等價 吸收物質을 線源과 患部 사이에 介在하여야 하며 이의 製作을 爲하여 正確한 設計와 精密한 製作器具가 要求되고 있음은 周知하는 바와같다.

이를 위해 著者는 가장 經濟的이며 容易한 材料의 選擇과 求得 그리고 均一한 患部表面으로 正確하게 補償할수있는 compensator 製作을 爲한 特殊工作 器具를 考案 所期의 目的을 達成 시킬수가 있었다.

### a) 製作器具의 考案

이와같은 製作器具를 考案하기 爲하여 Fig 1.에서의 같이 線源과 患部表面 사이의 全 主照射線束內에서 모든 線束은 線源을 中心으로한 幾何學的 聯關性을 갖고며 이때 線束內 線源을 中心으로한 患部까지의 各기 다른 모든 距離를 任意로 補償할수 있다면 患部の 各기 다른 補償거리만큼 軸上에서 上下로 同一한 軌跡을 나타내게된다.

이와같은 幾何學的 同時性을 應用 Fig 2와 같은 製作器具를 考案하였다.

이때 治療時 介在할 compensator의 位置와 같은 거리에 holder를 位置케 하여 styrofoam block을 介在케 하고 source 위치 바로 밑의 軸을 內部로 分離 軸의 歪曲 없이 14 cm 까지 伸縮할 수 있도록 spring을 裝置하여 線束內의 各기 다른 患部까지의 距離를 補償할 수 있으며 加熱棒이 患部에 닿는 tip과 固定되 있어 同一한 補償거리를 上下로 움직여 styrofoam block上에 모든 患部表面의 모양과 같은 縮少된 陰型을 製作토록 하였다. 이때 使用한 spring tension은 620 gr~2.4 kg이며 styrofoam의 陰型을 製作하기 爲해 부착한 加熱棒은 납인 두를 改造하여 利用하였고 100 V에서 2分 程度 加熱된 후 styrofoam이 溶融되며 加熱棒心이 너무가늘면 製作時 難이 있어 5mmφ cu를 使用하였다.

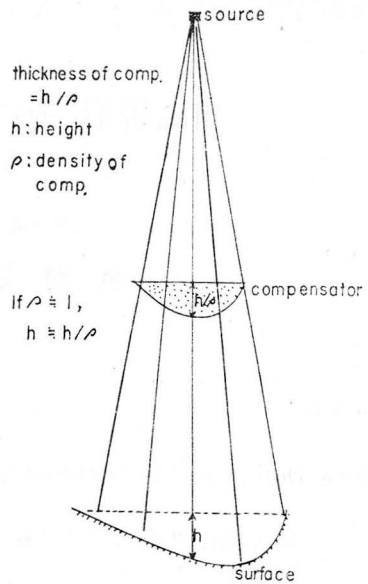


Fig. 1. Illustration of principle

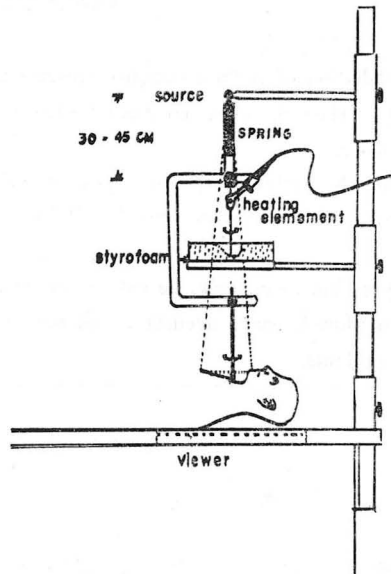


Fig. 2. Schematic diagram of Scooping device

### b) 材料 및 補償物質

이 compensator 製作用 材料로는 適當한 溫度의 加熱體에 잘 溶融되 加熱物質의 作用여 하에따라 容易하게 形態를 製作할수 있는 styrofoam block을 使用하였으며 患部表面과 같은 陰型을 製作 여기에 組織等價物質을 充填시켜 compensater를 完成하였다. Fig. 3.

이때 보상 filter의 두께 =  $\frac{\text{unit density 물질의 두께}}{\text{보상 filter 물질의 密度}}$

인데 단지 全照射線束內에서 compensator의 넓이만 幾

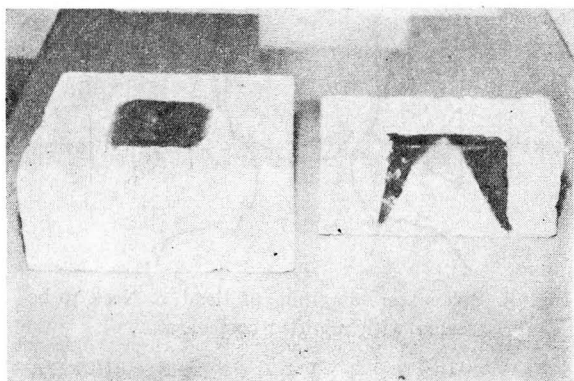


Fig. 3. Styrofoam Block filled with coloured wax and sectional view of compensator.

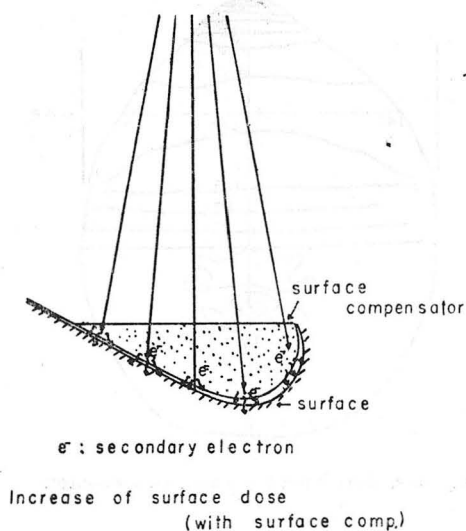


Fig. 4. Increment of Surface dose due to secondary electron contamination by bolus.

何學的으로 縮少되었을뿐 두께는 同一하게 上下로 補償 되었으므로

$$h=h/\rho, \rho=1$$

즉 compensator 의 밀도는 1이어야한다. Fig. 1

그러므로 이 陰型에 密度가 1인 組織等價 wax를 채워 넣어 同一한 補償이 可能하며 이때 型態製作에 使用한 styrofoam block은 空氣等價 物質이므로 線束에 아무 影響을 미치지 않고 단지 compensator를 包含하여 固定하는 便利한 役割을 하게된다.

### c) 實 際

Styrofoam에 縮少된 陰型을 製作時 良質의 粒子가 均一한 Styrofoam을 사용 하여야 하며 이는 製作時 不

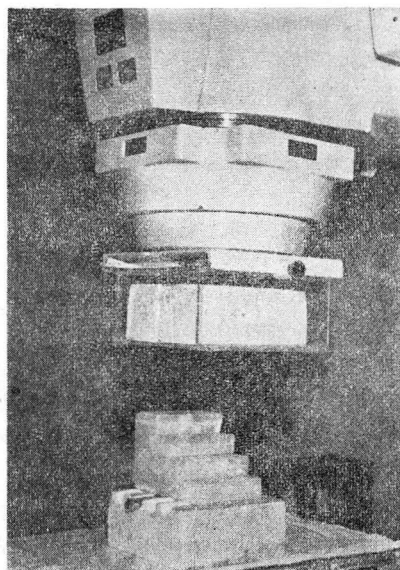


Fig. 5. Demonstration of the experimental verification with the minified compensator in  $\text{Co}^{60}$  unit.

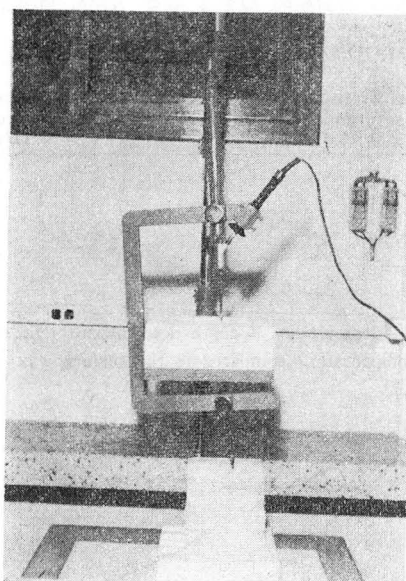


Fig. 6. The minified compensator is cut sagittally to demonstrate the geometrical reproduction.

良品은 加熱棒에 잘 凝固가 되거나 過度溶融되 同一한 形態의 皮膚陰型을 製作하기가 難易한 問題가 있었으며 또한 組織等價 wax를 充填時 過熱溶融된 狀態에서 부어 넣으면 styrofoam에 吸收되 幾何學的인 誤差가 생기게 되므로 어느정도 冷却 凝固되기 直前 狀態에서 充填시켜 完成함이 效果의이었다.

또한 이의 製作時 styrofoam block에 light beam이

投過되어 患部の marking 과 一致되도록 몇개의 구멍을  
내어 治療時도 製作時와 同一하게 一致시켜 位置의 變  
動으로 인한 誤差를 막았다.

이를 爲하여 Head 와 Neck 를 固定할 器具를 아울러  
使用토록 하였다.

### Ⅲ. 考 察

過去 이와같은 不規則한 傾斜面을 補正하기 爲하여  
低에너지 領域에선 患部表面에 組織等價物質을 附着하  
여 補償하는 Bolus 를 利用한 方法이 많이 쓰여 왔으나  
高에너지 放射線을 많이 사용하므로 二次 散亂線으로  
인한 皮膚線量이 增加돼 皮膚損傷等 많은 問題가 招來  
돼 (Fig.4) 일찌기 Hall 과 Oliver(1960) 등은 Al 金屬을  
利用하여 患部까지의 거리에 따른 補償거리의 密度比에  
따라 Al Block 을 積在하여 解決하려 하였고 Wilks 와  
Cascebow (1969) 및 Jackson(1970)은 wax wedge 를  
利用하는等 많은 方法이 소개된바 있다.

그러나 Al 金屬을 利用한 方法은 block 을 積立하였기  
때문에 오는 幾何學的 誤差를 避할 方法이 없었고 wax

Table 1. Dose At Below The Surface.

Phantom thickness (cm)	without compensator (% D/max)	Surface wax compensator (% D/max)	Minified wax compensator (% D/max)
3	58.4	36.1	35.8
6	50.5	36.2	35.9
9	43.2	36.1	35.9
12	36.0	36.3	35.8

The 1% decrease in % depth dose shown for the minified  
wax compensator, compared to the surface wax compen-  
sator.

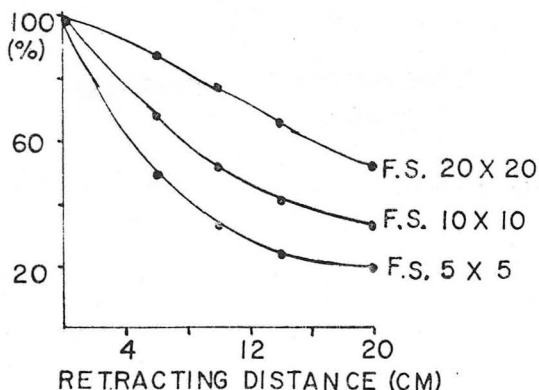


Fig. 7. chamber reading with wax retracted as a  
percent, of that with wax on surface in  
Co<sup>60</sup> unit.

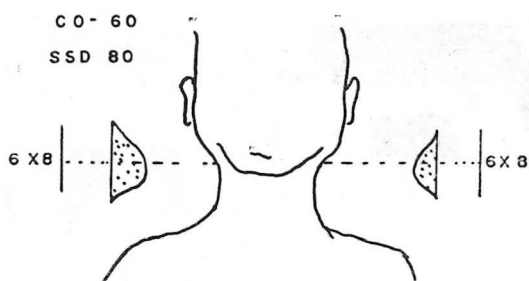
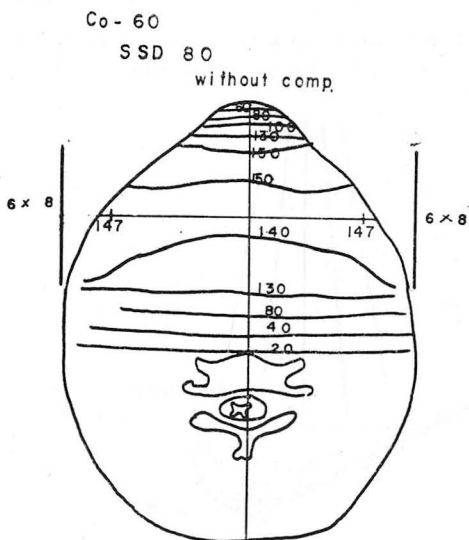
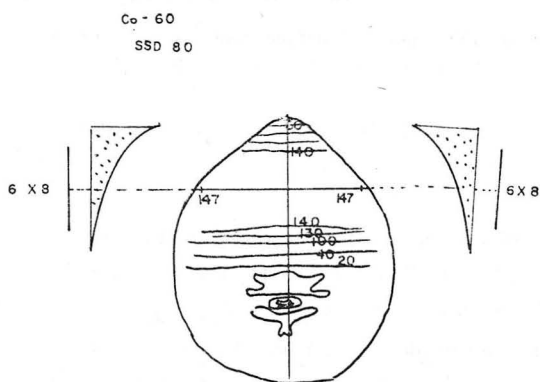


Fig. 8. Schematic diagram of Head & Neck to be  
treated with minified compensator.



A) Dose distribution without compensator.



B) Dose distribution with minified compensator.

wedge 를 사용한 方法 等은 患部와 型態가 같지 않은  
wedge 型態를 使用하므로 同一한 補償이 不可能하였다  
그리하여 本延世 癌센터에서는 患者 마다에 따른 固

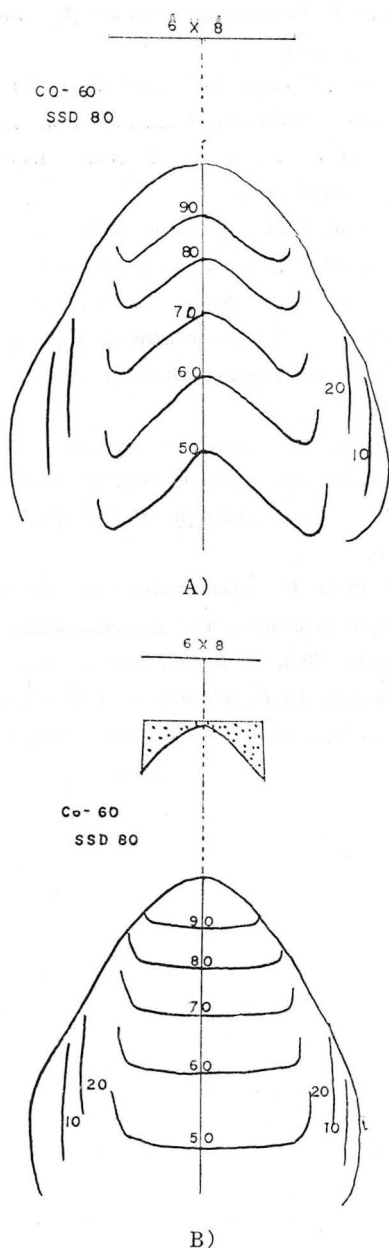


Fig. 9. comparison of dose distribution without A) and with B) in another planning.

有의 補償 filter 를 製作할 工作器具를 考案 迅速 正確하게 compensator 를 製作 臨床에 應用함에 特徵이 있다. 이의 臨床應用에 確實性を 期하기 爲하여 Fig. 7과 같이 患部表面으로 부터의 分離거리에 따른 照射野別 表面線量을 SSD 80에서 victoreen 製 Model 601의 thimble chamber 와 paraffine wax phantom 을 使用하여 4000 Ci(1972). Co-60 unit. 에서 測定한 結果 全 field 에 결

쳐 20 cm 까지 급격히 表面線量이 減少함을 볼수있었 또한 table 1. 에서와 같이 縮少된 compensation 을 使用했을 때와 Surface wax 를 使用했을 때의 深部線量 變化를 보면 縮少 compensator 를 使用하므로 1% 程 減少함을 알수 있다.

上記 實驗結果로 二次散亂線으로 인한 表面線量增는 compensator 를 분리시키에 따라 空氣吸收로 인한 차츰 減少함을 알수 있으며 단지 表面線量에만 至大影響을 미칠뿐 深部線量에는 別變動이 없다는 事實을 알수있고 이의 製作時 患部와 20 cm 以上을 떼어 製作해야함을 알수 있다. Fig. 7. 이와같은 點을 考慮하여 S D 및 source compensator distance 등을 任意로 變更할 수 있도록 하였다. 이에 依해 製作된 compensator 를 治療에 使用時 Fig. 8, 및 9 에서와 같이 이를 使用안했을 때의 不均一한 深部線量 分布가 이를 使用하므로 좋은 深部線量 分布를 볼수가 있다.

#### IV. 結 論

이와같은 styrofoam block 을 使用한 補償 필터 製作器具를 고안하여 臨床에 利用하므로 아래와 같은 長點을 얻을수 있었다.

1. 幾何學的 同時性を 利用하여 患部表面과 同一한型의 軸小된 補償필터를 製作使用하므로 二次散亂線으로 인한 皮膚線量의 增加없이 正確한 補償이 可能하였다.
2. 補償필터의 제작과정에 따르는 複雜性和 時間의 浪費를 防止하고 患者마다에 따른 簡便하고 正確한 제작을 可能케 하였다.
3. 治療裝置에 따른 SSD 및 Source compensator Distance 의 變更에 對應하여 제작 可能케하여 여러 治療裝置에 適用할 수 있었다.
4. table 上에 viewer 를 附着하여 아울러 lead shielding 을 爲한 여러 design 에도 並用할 수 있다.

#### REFERENCES

1. Orton, G. and Seibert, B.: *Depth dose in skin for obliquely incident Co-60 radiation*. Brit. J. Radiol. 45:271, 1972.
2. Jones, D.: *A method for the accurate manufacture of lead shields*. Brit. J. Radiol. 44:399, 1971.
3. Du. Sault, L. A. and Legare J.M.: *Dosage calculations for oblique beams of radiation* Radiol. 80: 856, 1963.
4. Ellis, F., Hall, E.T. and Oliver, : *A compensator*

variations in tissue thickness for high energy beam  
*Brit. J. Radiol.* 32:421, 1959.

5. Farr, R.F.: *Obliquely correction by isodose chart shift.* *Brit. J. Radiol.* 36:699, 1963.
6. Beck, G. and McGonnagle, P.: *Styrofoam block cutter.* *Radiol.* 100:694, 1971.
7. Cleemann, L. A. Nybo-Rasmussen, M.Sc.: *Technical aids for the radio-therapy of Hodgkin's disease.* *Brit. J. Radiol.* 45:949, 1972.
8. Larett, J.H. and Jones: *Dose distribution problems in megavoltage therapy: Obliquity problems in megavoltage therapy.* *Brit. J. Radiol.* 35:739, 1962.
9. Cohen M.: *Physical Aspects of Roentgen Therapy using Wedge filters I. Some new copper wedges and their applications.* *Acta Radiologica* 52:65, 1959.
10. Cohen M.: *physical Aspects of Roentgen therapy using Wedge filters II. Analysis of wedge field dosimetry.* *Acta Radiologica* 52:158, 1959.
11. Cohen, M. Burns, J.E. and Sear R.: *Physical Aspects of Cobalt-60 Teletherapy using Wedge filters I. Physical investigations.* *Acta Radiologica* 53:401, 1960.
12. Cohen, M. Burns J.E. and Sear R.: *Physical Aspects of Cobalt-60 Teletherapy using wedge filters. II. Dosimetric consideration.* *Acta Radiologica* 53:486, 1960.
13. Pfalzner, P.M: *A general depth dose for axial formula derived from an empirical power law for tumor air ratios.* *Radiol.* 75:438, 1960.
14. Smith, V.: *Tissue correction in Co<sup>60</sup> rotation treatment calculations.* *Brit. J. Radiol.* 39:287, 1966.
15. Jackson.: *Wax retraction as a technique for compensating the effect of surface irregularities in high-energy radiotherapy.* *Brit. J. Radiol.* 43:895, 1970.
16. Van de Gi Jn: *Compensation for the effect of oblique incidence of Co<sup>60</sup> radiation beams in teletherapy.* *Brit. J. Radiol.* 36:56, 1963.
17. Sundbom, L: *Individually designed filters in Co<sup>60</sup> teletherapy.* *acta Radiol.* 2:187, 1964.