

# Linac gram 에 대한 image enhancement의 소고

아산재단 서울중앙병원 치료방사선과

윤화룡 이강현 이청일 김정만

## I. 서론

방사선치료는 1-2개월에 걸쳐 매일 같은 방법으로 치료를 하게 된다. 동일부위를 항상 정확하게 치료하기 위해서는 치료부위의 체적변화 환자의 움직임 및 자세의 왜곡·기기적오차 및 여러 기하학적인 오차와 시술자에 대한 error등 사소하면서도 수없이 많은 제약인자들에 대해 수시로 점검하고 주의해야 한다.

이에 따라 치료부위를 정확히 유지하기 위한 하나의 방편으로 치료부위에 대한 localization과 verification을 치료개시전과 치료중간에 수시로 실시하게 되는데 문제가 되는 것이 Mega Voltage에 대한 port film은 image contrast가 나쁘다는 것이다. Bone과 tissue의 흡수차가 거의 없어 진단영역과 같은 image를 기대하기란 힘들지만 Film의 특성을 이용하거나 특수증감지(metal)를 사용하든지 조사선량을 조정하는 등의 노력을 통해 문제점을 해결하려하고 있다.

최근 들어서는 Digital radiography의 기법을 응용하기도하고 computer를 이용하여 contrast를 조작하는 등 image enhancement에 대한 활발한 연구가 진행되고 있고 실제로 좋은 효과를 보고 있으나 비용에 대한 부담이 큰 편이다.

이에 본자들은 image 조작을 통한 image enhancement에 대해 몇가지 제시해보고자 한다.

## II. 본론

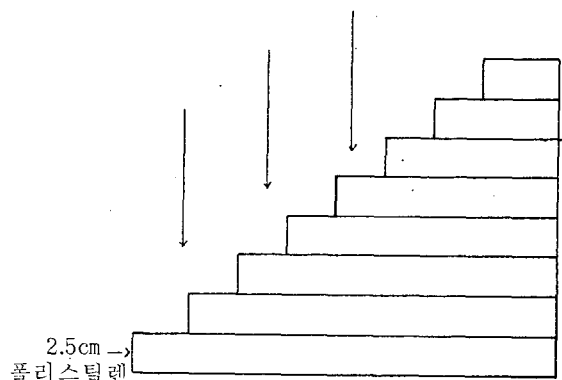
### 1. port Film image

#### (1) 실험방법

요즈음 막 상품화되기 시작한 Digital radiography 기법을 제외한 port film을 이용한 Film image조작은 Duplicator를 이용하거나 Rita system을 이용하여 할 수 있다.

이때 기본이 되는 port film의 image를 가장 이성적으로 하기 위해 Film의 종류와 증감지를 변화시켜가면서 각 에너지별로 체적 image를 찾아보았다.

[그림1]과 같이 polystylen phantom으로 step wedge를 만들고 그 밑에 황으로 그림과 같이 step wedge모양의 metallic 증감지를 놓은후 Film의 종류를 변화시켜가면서 각 에너지별로 조사하였다.



[그림 1]

이때 polystylen phantom의 두께변화는 2.5cm 씩 하였고 metallic screen은 두께 0.25, 0.5, 0.7, 1.0mm를 사용하였으며 high speed 증감지를 추가 사용하기도 해보았다.

조사대상 Film은 regular type과 orthochromatic type외에 single coating Film과 X-omat V Film도 포함시켰다. 사용된 photon에너지는 4MV, 6MV, 15MV X-ray이었다.

(2) 결과 및 토의

실험의 주관점은 Field localization image를 enhancement 시키는 것이었는데 사용된 Film중 Singe coatfilm과 X-omat Film은 Hi-speed증감지의 조작에도 불구하고 그 결과가 기대치를 훨씬 밑돌아 비교대상에서 제외시켰다.

치료부위 localization을 위한 Double exposure technique 사용시 치료부위외에 들어가는 선량을 최소화하기 위하여 1-2MU+1MU technique을 사용했고 적정가시농도 1.0-2.0 범위에 image contrast를 형성시키기 위해서는 Regular Film이 orthochromatic Film보다 전반적으로 우수하였으며 단지 15MV에서만 우위 비교가 힘

들었다.

측정결과에 의하면 1.0mmpb front screen과 0.25mmpb rear screen이 전에너지에 걸쳐 대체적으로 우수한 image를 보였다. 이를 토대로 image enhancement를 위한 기초 Film은 Regular type을 1.0mmpb front screen과 0.25mmpb rear screen의 조건으로 port film한 것이다.

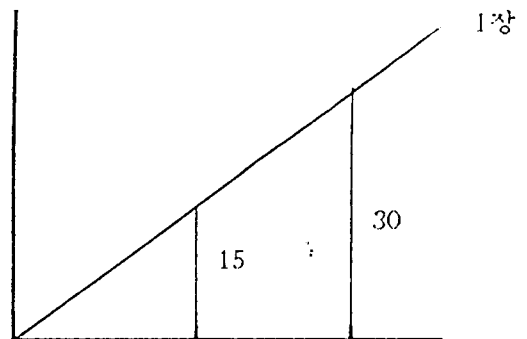
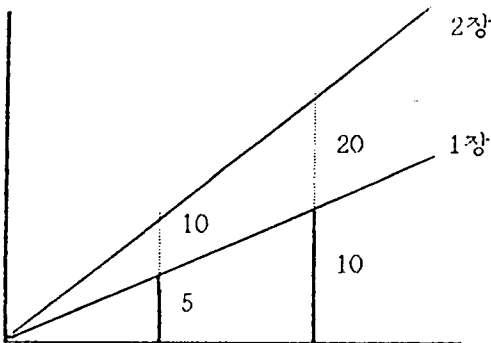
2. Image enhancement

Image enhancement를 위해서 다음의 두가지 방법을 택했다.

- Duplication을 통한 조작
- rita system의 이용

(1) Duplication을 이용한 방법

위의 두가지 방법은 모두 기존 energie의 contrast를 조작시키는 방법으로 Duplication method는 [그림 II]에서 처럼 농도 5와 10인 두지점의 농도차 5를 갖는 Film을 두장겹치면 농도



[그림 II] Duplicator Film을 이용한 image enhancement한원리

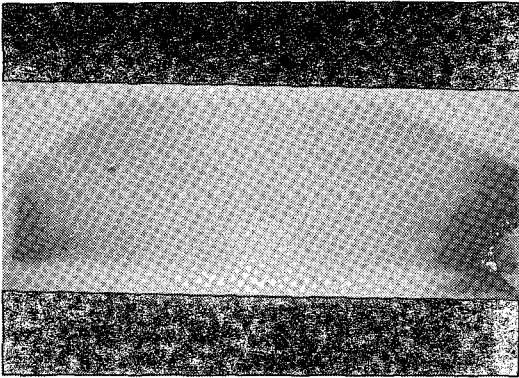
10과 20이되어 두점의 농도차가 5에서 10으로 변화한다는데에 기초한다.

문제는 최초의 port Film농도가 이미 농도분별가시영역의 상한수치(2.5)부근에서 이루어져 이것을 두장 겹치는 것은 두점의 비교농도차는 커지지만 가시영역 밖으로 벗어나 분별이 더 어려워진다는데 있다. 이를 해결하기 위해서는 단순히 film을 겹치는 행위에서 벗어나 Film의 특성(r치와 latitude)를 응용하여 수치적변화를 유도하면서 적정농도로 나타내는 것이다. contrast

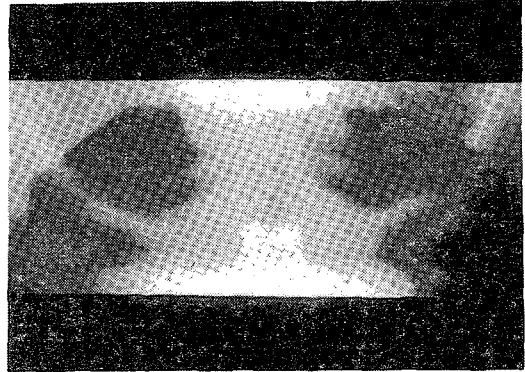
를 나타내는 r치는  $\frac{D_1 - D_2}{\log I_1 - \log I_2}$ 로 표시된다. Film

의 중복복사는 각 Film이 갖고 있는 r치가 중복되면서 영향을 나타내는 소위 Famma multiplication effect를 갖게 된다.(Appendix참조)

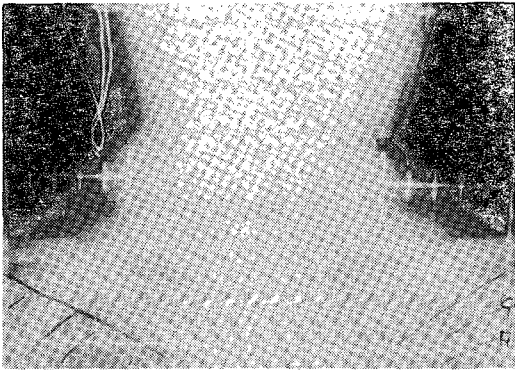
방법은 기본이 되는 port film(film famma = r<sub>1</sub>, 이하 film Gamma는 r로 표시)을 r<sub>2</sub>의 film에 아주 흐린 농도와 중간농도로 두장 복사후 겹쳐 복사하면 유효 Gamma치 (Yeff)가  $r_2 \left\{ \frac{(r_1 r_2) + (r_1 r_2)}{2} \right\}$ 로 되어 매우 개선된 image를 [그림 III]처럼 볼 수 있다.



① simulation 사진

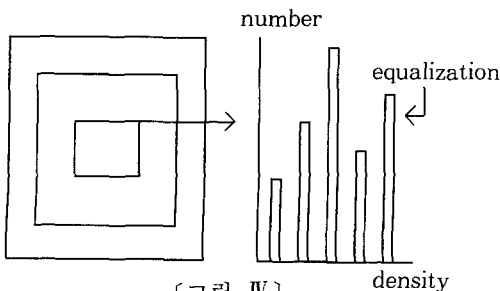
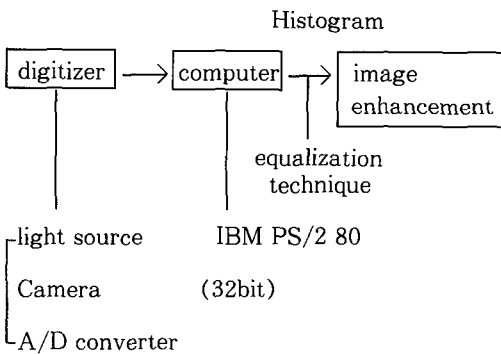


② L-gram 찍은 사진



③ image enhancement 한후 사진  
[그림 III]

(2) Rita system을 이용한 방법



[그림 IV]

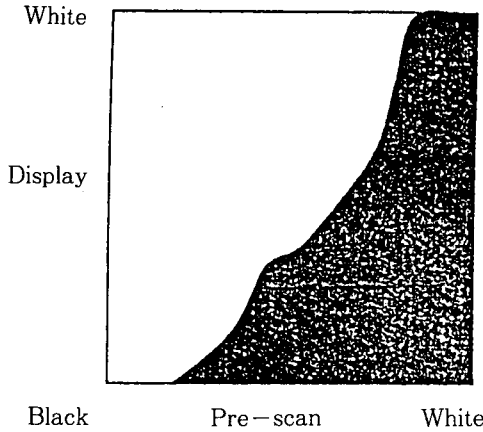
Rita system의 구성은 [그림 IV] 크게 digitizer와 computer와 image enhancement로 분리할 수가 있다. 이 system은 beam을 equalization시켜주는 역할이 주된 원리이다. rita system의 특징은 사진상에 얻어지는 명암을 computer을 통해 Density를 조작해줌으로서 contrast가 좋은 image를 얻기위해 밝은 부위는 더 밝게 어두운 부위는 더 어둡게 조절하여 육안으로 선명한 상을 보게해준다. 이 원리는 [아래그림]에서 설명된다.

필름 각 부분부분의 Density을 수치로 변화시켜 그래프상으로 얻어지며 각 기준수치를 중심으로 서로 비교하여 검은 부분은 어느점까지는 더 검게 조작하고 회부분역시 임의의 수치까지를 회게 조작하여 Density을 equalization시켜준다. 결과적으로 명암은 사진상으로 뚜렷하게 나타난다. 이 장치를 이용하면 현재로서는 가장 좋은 image을 만들 수 있다.

Histogram Equalized

The Histogram Equalized look up table creates a histogram of the data found during the prescan. It then places greater emphasis on gray-scale areas that have more occurrences in the determined area of interest. This look up table provides excellent contrast when used over

a small area of interest.



Sample Histogram Equalized Look Up Table

### III. 결론 및 고찰

port film image의 개선에 대한 노력은 과거와 현재는 물론 앞으로도 계속되어질 것이다.

국내병원들의 실정으로 볼때 rita system 같은 것을 육십내기에는 아직 이른 것 같고 장치에 부착시키는 digital방식도 기존장비에 부착하기에는 추가 부담이 큰 실정이다.

이러한 실정에 비추어 볼때 적절한 film과 screen의 선택에 대한 노력, 나아가 Gamma multiplication effect를 이용한 Duplication 방법등으로 image enhancement를 이뤄보려는 노력이 필요하다.

#### APPENDIX

The contrast enhancement technique is illustrated diagrammatically in Figs. 7-9. Figure 7 shows the production of the initial film (the stainless steel cassette serves only to produce a sharp image). Consider for simplicity that two adjacent areas on film  $F_1$  receive slightly different X-ray exposures  $X_1$  and  $X_2$ . After the film is developed, these

two areas have optical densities,  $D_1$  and  $D_2$ , respectively.

The values of  $X$  and  $D$  are empirically related through the gamma of the characteristic (H & D) curve, where the  $\gamma$  represents film contrast. For film  $F_1$   $\gamma_1$  is the slope of the characteristic curve between the densities  $D_1$  and  $D_2$ , i.e.

$$\gamma_1 = \frac{\log X_1 - \log X_2}{D_1 - D_2} \dots \dots \dots (1)$$

In the enhancement process, a "contact print" of the original ( $F_1$ ) is made by passing light of intensity  $I_0$  through  $F_1$  on to an unexposed film  $F_2$ . This is illustrated schematically in Fig. 8. In this simple case, the light intensities passing through the two areas of optical density  $D_1$  and  $D_2$  are  $I_1$  and  $I_2$ , where, from the definition of optical density,

$$D_1 = \log(I_0/I_1) \text{ and } D_2 = \log(I_0/I_2) \dots \dots \dots (2)$$

After film  $F_2$  is developed, the resulting optical densities of the two areas under consideration are  $D_1^1$  and  $D_2^1$ .  $F_2$  is a "reversal" of  $F_1$ , i.e., if  $D_1 > D_2$ , then  $D_2 > D_1^1$ . The characteristic curve for film  $F_2$  relates the densities  $D_1^1$  and  $D_2^1$  to the visible light exposures these regions received,  $E_1$  and  $E_2$ , respectively. Assuming that these exposures are in a region of the characteristic curve which can be approximated by a straight line, the values of  $D$  and  $E$  are related by:

$$\gamma_2 = \frac{D_1^1 - D_2^1}{\log E_1 - \log E_2} \dots \dots \dots (3a)$$

Since  $E$  represents an exposure of the film to intensity  $I_0$  for a period of time,  $\Delta t$ ,  $E_1 = \Delta t I_1$  and  $E_2 = \Delta t I_2$ .

$$\therefore \gamma_2 = \frac{D_1^1 D_2^1}{\log I_1 - \log I_2} \dots \dots \dots (3b)$$

In the final stage of the contrast enhancement process, a "contact print" is made of the reversal film,  $F_3$ , onto an unexposed film,

F<sub>2</sub>, as illustration in Fig. 9. The intensities of the light passing, through regions of density D<sub>1</sub><sup>1</sup> and on F<sub>2</sub> are I<sub>1</sub><sup>1</sup> and I<sub>2</sub><sup>1</sup>, respectively and when the final film, F<sub>3</sub><sup>1</sup>, is developed, the optical densities of the corresponding regions are D<sub>1</sub><sup>2</sup> and D<sub>2</sub><sup>2</sup>. On the final film, the density "polarity" of same reasoning as with the first stage of enhancement, the quantities D<sup>2</sup> and I<sup>1</sup> are related through the γ of the characteristic curve for film F<sub>3</sub>:

$$\gamma_3 = \frac{D_1^2 - D_2^2}{\log I_1^1 - \log I_2^1} \dots \dots \dots (4)$$

The "effective contrast" represents the optical density difference on the final film which results from the small difference in X-

ray exposure of the initial film, i.e.:

$$\gamma_{\text{eff}} = \frac{D_1^2 - D_2^2}{\log X_1 - \log X_2} \dots \dots \dots (5)$$

The from eqns. 1, 2, 3b, 4 and 5 and the definition of OD,

$$\gamma_{\text{eff}} = \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3$$

The resultant "effective contrast" is, therefore, obtained by "gamma multiplication."

### REFERENCES

- L.E Reinstein and C.G orton 1979. contrast enhancement of high-energy radiotherapy films British Journal of Radiology, 52, 880-887