

코발트-60 감마선의 전자 오염에 관한 연구

한양대학교 의과대학 치료방사선과학교실

김 태 규 · 전 하 정 · 이 명 자

=Abstract=

Study on the Reduction of Electron Contamination with A Cobalt-60 Gamma Ray

Tae Kyu Kim, M.S., Ha Chung Chun, M.D. and Myung Za Lee, M.D.

Department of Radiation Therapy, Hanyang University Hospital, Seoul, Korea

Electron contamination due to the interaction between radiation beam and material was analyzed for the factors such as source-skin distance (SSD), field size, tray characteristics and position of filter, which can affect the surface dose in Cobalt teletherapy.

Surface dose in open beam was more influenced by SSD with increasing field size. Relative surface charge (RSC) increased with the use of tray (solid, circular hole, slotted), compared with open beam, which is thought to be due to increased electron contamination of the tray. To reduce the surface dose, 0.4 mm thick Lipowitz metal filter was used. Compared with open beam, RSC decreased by 8.8%, 11.3%, 13.3%, 16.6%, 19.3% and 21.7% for the field size of 5×5, 10×10, 15×15, 20×20, 25×25 and 30×30 cm², respectively.

On the contrary, use of Lipowitz metal filter increased RSC at 60 cm or less SSD. Surface dose was effectively reduced with Lipowitz metal filter placed right below solid tray in Cobalt teletherapy.

Key Words: Cobalt-60 gamma ray, Electron contamination, Relative surface charge

서 론

방사선 치료에 있어서 SSD (source-skin distance), 조사면의 크기, 매질과의 상호 작용으로 인한 전자 오염등은 선량을 결정하는데 중요한 요소들이다. Photon(광양자)과 물질의 상호 작용으로 인하여 생성된 이차 전자는 표면 전하를 형성하여 표면 선량에 영향을 준다. 표면 선량은 매질로부터 후방산란되는 전자와 광양자뿐만 아니라, 조사선의 전자에도 좌우된다. 조사선의 경로에 따라 광양자가 공기층, collimating system, tray등과의 충돌로 인하여 표면 선량에 영향을 미치는 이차전자를 발생시킨다. 이러한 이차 전자 오염에 의하여 표면 선량은 심각하게 증가한다¹⁾. Padikal 등²⁾은 자기장을 이용하여 X-선의 전자 오염감소에 대하여 연구하였으며, Rao et al 및 Purdy³⁾등은 blocking tray아래에 filter를 위치시켜 전자 오염을 감소시켰다. 코발트-60 감마선의 출력 증강, 환자치료의 필요에 따른 SSD의 변화는 전자 오염에 의하여 표면 선량이

증가되어 환자의 피부선량이 증가하게 된다. Khan⁴⁾은 코발트 치료시 표면 선량을 감소시키기 위하여 filter를 사용하였다. 본 실험에서는 방사선 치료에 사용되고 있는 Picker C-9 감마선 치료장치의 조사선에 대하여 조사면의 크기, SSD, tray종류, filter의 위치에 따른 선량을 알아보고, 표면 선량을 감소시키기 위하여 전자 오염 감소 방법을 고찰하였다.

재료 및 방법

Picker C-9 코발트-60 감마선 치료 장치의 조사선을 선원으로 사용하였으며, 측정은 window 두께가 0.5 mg/cm²인 Capintec PS-033 parallel plate chamber를 사용하였다. Parallel-plate chamber의 위쪽 표면과 25×25 cm² polystyrene 팬텀 표면과 일치되도록 chamber를 팬텀 위에 위치시켰다. Chamber에 electrometer (Exposure/Exposure Rate Meter, Capintec Co. USA)를 연결하여 전하량을 측정하였다. Chamber에 음극전압을 걸어주었을 때의 측정 전

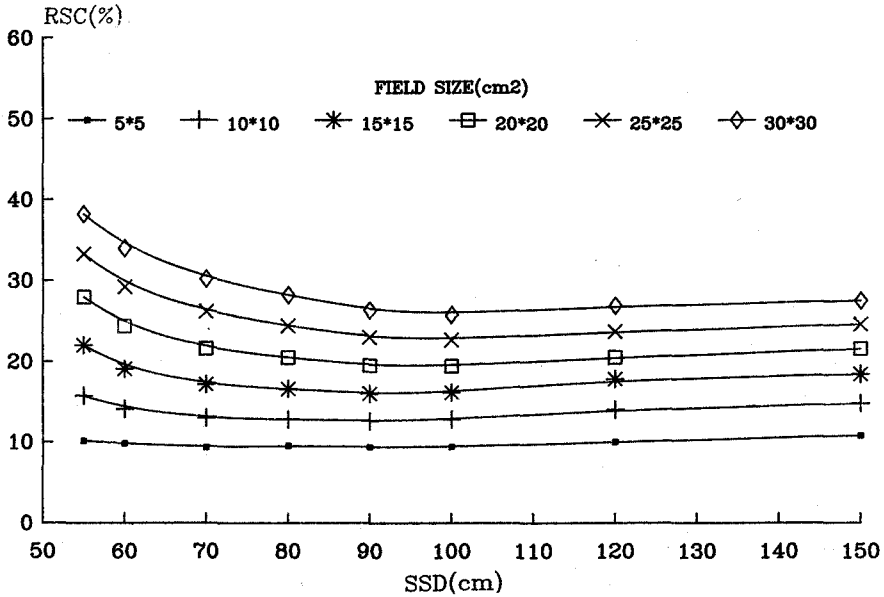


Fig. 1. Variation of relative surface charge (RSC) according to open field size at different SSD.

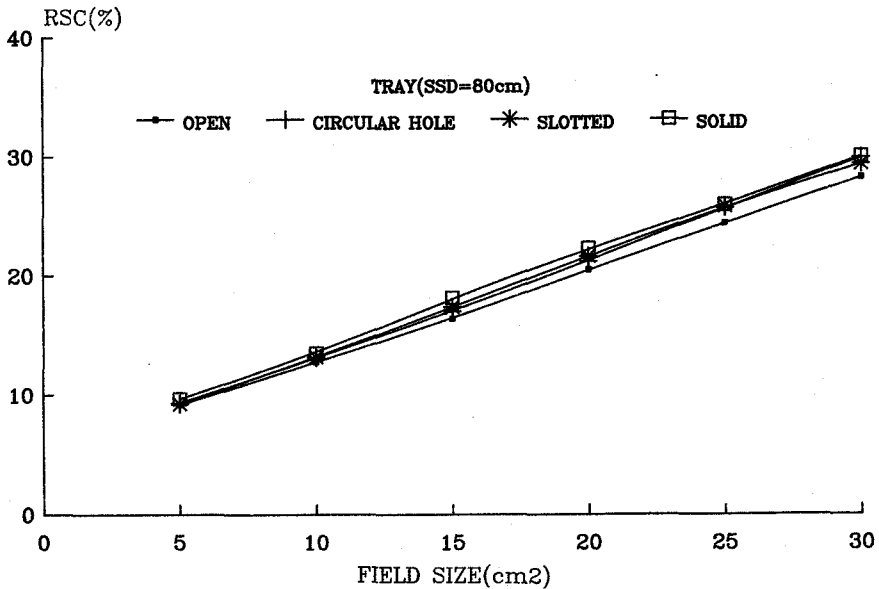


Fig. 2. Effect of tray characteristics on RSC with field size at 80 cm SSD.

하량과 양극 전압을 걸어주었을 때의 측정 전하량의 평균값을 측정 전하 값으로 사용하였다. 사용한 tray의 재질은 아크릴이며 구성 모양에 따라 solid tray, circular hole tray, slotted tray를 사용하였고 filter는

0.4 mm두께의 Lipowitz metal을 사용하였다. Tray의 위치는 선원으로부터 53 cm 떨어져 위치하였으며, 조사면의 크기는 SSD 80 cm에서 정의된 눈금자의 값을 사용하였다. 조사면의 크기 5×5 cm²에서부터 5 cm간

격으로 30×30 cm²까지 변화시켜 측정하였고, SSD는 150 cm까지 측정하였다.

결 과

SSD에 따른 전자 오염에 관한 Biggs등의 연구에 의하면, 상대 표면전하(Relative Surface Charge: RSC)는 아래 식과 같다.

$$RSC = \left[\frac{QA}{Q(10 \times 10)} \right] \left[\left(\frac{SSD}{80} \right)^2 \cdot 1/100 \right]$$

여기서 QA는 임의의 SSD에서 조사면의 크기가 A일 때, chamber의 평균 전하량이며, 조사면의 크기는 SSD 80 cm에서 정의하였다. Q(10×10)은 SSD 80 cm, 조사면의 크기가 10×10 cm²일때 chamber의 평균 전하량이다. 조사면을 5×5 cm²에서부터 30×30 cm²까지 5 cm씩 증가시키면서 SSD변화에 따른 상대 표면 전하는 Fig. 1과 같다. 작은 SSD에서 조사면의 크기가 증가할 수록 상대 표면 전하는 급격히 변화하였다. SSD가 증가할수록 상대 표면 전하는 감소하였다가 다시 서서히 증가하였다. 작은 SSD에서 상대 표면 전하의 증가는 조사선과 선원주위 물질과의 상호 작용에 기인하며, 모든 SSD에서는 조사면이 작을수록 선

원 부속물과의 상호 작용이 줄어들기 때문에 상대 표면 전하는 감소하였다. SSD가 증가할수록 상대 표면 전하의 증가는 조사선과 공기층의 상호 작용에 의하여 전자가 발생하였기 때문이다. Beam shaping block을 지지하는 shadow tray도 전자를 발생시켜 표면 전하를 증가시키는 데 일조한다. SSD 80 cm로 고정시키고 조사면의 크기를 변화시키면서 solid tray, circular hole tray, slotted tray에 대한 상대 표면 전하는 Fig. 2와 같다. 모든 조사면에 대하여 tray의 사용은 open beam보다 상대 표면 전하를 증가시켰다. SSD 80 cm에서 open beam의 상대 표면 전하, Lipowitz metal filter만의 상대 표면 전하, solid tray바로 위(아래)에 Lipowitz metal filter를 위치시켰을 때의 상대 표면 전하는 Fig. 3과 같다. 모든 조사면에 대하여 Lipowitz metal filter만을 tray 위치에 놓았을 때와 solid tray바로 아래에 Lipowitz metal filter를 위치시켰을 때 open beam의 상대 표면 전하보다 감소하였다. 즉 상대 표면 전하에 영향을 주는 전자 오염이 감소하였다. 반면에 solid tray바로위에 Lipowitz metal filter를 위치시키면 open beam의 상대 표면 전하보다 더 증가하였다. SSD 60 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm에서 조사면의 크기에 따른 open beam과 Lipowitz metal filter

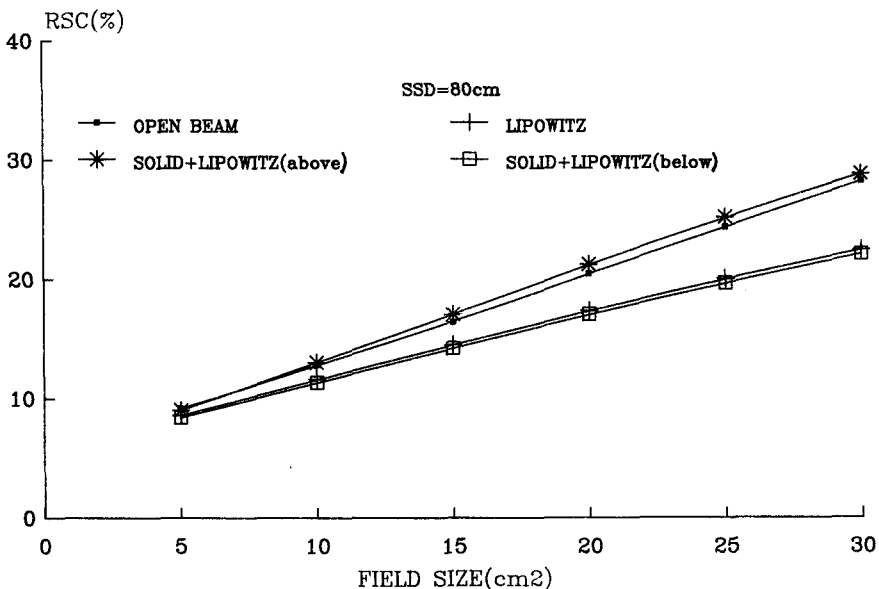


Fig. 3. Variation of RSC as a function of the position of Lipowitz metal filter at 80 cm SSD.

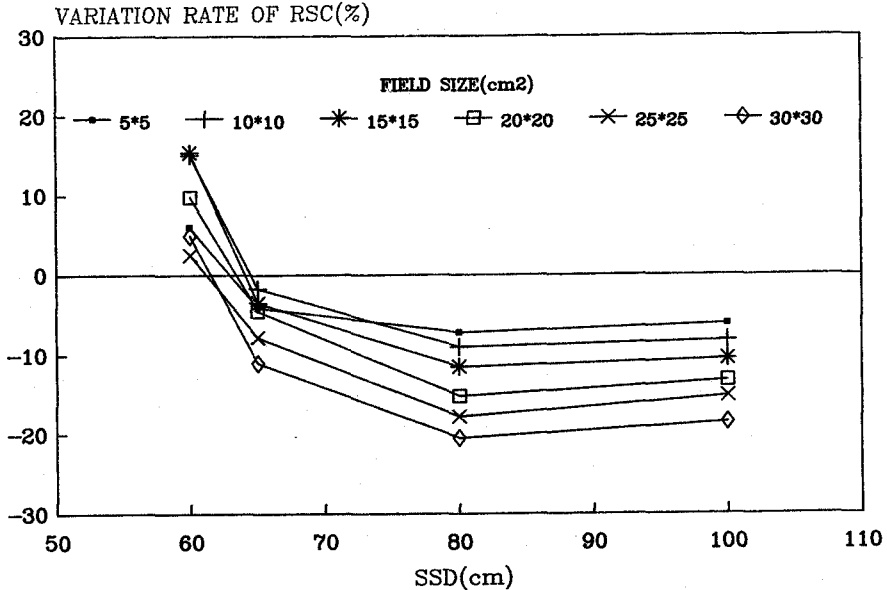


Fig. 4. RSC at 60 cm, 65 cm, and 80 cm SSD (Open beam vs. Lipowitz metal filter).

만의 상대 표면 전하를 측정하였다. Open beam의 상대표면 전하에 대한 Lipowitz metal filter의 상대표면 전하 변화율은 Fig. 4와 같다.

Variation rate(%)

$$= \frac{[RSC(Lipowitz) - RSC(open)]}{RSC(open)} \times 100$$

SSD 60 cm에서 모든 조사면에 대하여 Lipowitz metal filter만의 사용이 open beam보다 전자 오염을 더 증가시켰지만, SSD 65 cm이상에서는 모든 조사면에 대하여 Lipowitz metal filter의 사용이 전자 오염을 감소시켰다. SSD 100 cm는 SSD 80 cm와 동일한 경향을 나타내었다. Solid tray바로 아래에 Lipowitz metal filter를 위치시켰을 때 open beam에 대한 상대표면 전하 감소량은 Lipowitz metal filter만 사용하였을 때와 같은 양으로 감소되었다.

고 찰

조사면의 크기가 작은 경우 SSD에 따른 상대 표면 전하의 미미한 변화와 조사면이 클수록 상대 표면 전하의 급격한 변화는 Parthasaradhi⁵⁾의 연구와 잘 일치하였다. SSD 80 cm에서 3종류(solid, circular hole,

slotted tray)의 tray를 사용할 경우 open beam보다 상대 표면전하의 증가는 광양자와 tray의 상호 작용으로 인하여 tray 자체 내에서 전자를 방출시킬 뿐만 아니라 공기층과의 상호 작용으로 인하여 전자가 생성된다는 사실과 부합된다. Parthasaradhi 등에 의한 6-MV X-선에 대하여 SSD 80 cm 이상, 조사면의 크기 20×20 cm²이상에서 납 여과판을 사용하여 전자 오염을 감소시킨 반면, 본 실험에 사용된 코발트-60 감마선의 경우 두께가 0.4 mm Lipowitz metal filter의 사용은 SSD 65 cm미만에서는 모든 조사면에 대하여 전자 오염을 증가시켰고, SSD 65 cm 이상에서 반전되어 전자 오염이 모든 조사면에서 감소되었다. Parthasaradhi⁵⁾ 등은 6MV X-선에 대해 납 filter를 사용하여 5×5 cm²일 때 6.0%, 30×30 cm²일 때 30.0%의 전자 오염이 감소됨을 보고하였다. 본 연구에서 실시한 코발트-60 감마선에 대해 조사면의 크기가 5×5 cm²일 때 8.3%, 10×10 cm²일 때 11.3%, 15×15 cm²일 때 13.3%, 20×20 cm²일 때 16.6%, 25×25 cm²일 때 19.3%, 30×30 cm²일 때 21.7%씩 Lipowitz metal filter의 사용으로 전자 오염이 감소되었다.

결 론

코발트-60 감마선 치료 장치의 조사선을 이용하여 표면 선량에 영향을 미치는 SSD, 조사면의 크기, tray의 종류, filter의 위치등의 요소와 조사선과 매질의 상호 작용으로 인한 전자 오염에 대하여 실험을 실시하였다. Open beam의 표면 선량은 조사면이 작은 경우에는 모든 SSD에 대하여 큰 변화는 없었지만, 조사면이 커질 수록 SSD에 따라 밀접하게 변화를 하였다. 또한 tray와 filter의 사용은 open beam보다 표면 선량을 더 증가시켰다. 표면 선량을 감소시키기 위해서는 표면 선량에 영향을 주는 전자 오염을 감소시키는 것이 필수적인 요소이다. 코발트-60 감마선인 경우, 0.4 mm 두께의 Lipowitz metal filter를 이용한 효과적인 전자 오염 감소 방법은 SSD 65 cm이상의 모든 조사면에 대해서는 Lipowitz metal filter만을 tray 위치에 놓거나 solid tray바로 아래에 Lipowitz metal filter를 위치시키는

것이 매우 효과적이었다. 그러나 SSD 60 cm이하에서는 Lipowitz metal filter의 사용이 전자 오염을 더 증가시키므로 이 방법을 사용할 수가 없었다.

REFERENCES

1. Khan FM: The Physics of Radiation Therapy, Baltimore, Williams & Wilkins, 1984, pp278-285
2. Padikal TN, Deye JA: Electron contamination of a high energy X-ray beam. Phys Med Biol 23:1086-1092, 1978
3. Purdy JA: Buildup surfaces dose and exit dose measurement for a 6MV linear accelerator. Med Phys 13:259-262, 1986
4. Khan FM: Use of electron filter to reduce skin dose in cobalt teletherapy. Am J Roentgenol 111: 180-181, 1971
5. Parthasaradhi K, Prasad DG, Rao BM, et al: Investigation on the reduction of electron contamination with a 6MV X-ray beam. Med Phys 16:123-125, 1989