

Co-60 Teletherapy Unit를 이용한 전신조사의 선량분포에 관한 고찰

영남대학교 의과대학 치료방사선과학교실
김성규 · 신세원 · 김명세

서 론

항암제요법에 저항하는 백혈병의 치료에서 골수세포와 백혈병 세포를 파괴시키거나, 골수이식 하기전 면역억압을 위하여 고선량전신조사(high dose total body irradiation)을 시행하며, 고선량전신임파조사(high dose total lymphoid irradiation)는 심한 부형성성 빈혈에서 골수이식을 하기전에 시행되는 방법이다.^{1,2)}

임파구성 백혈병이나 악성 임파종의 적절한 치료를 위해서는 저선량전신조사를 시행하며, 전신조사를 위해 우선적으로 해결되어야 할 과제는 총선량의 결정과 머리, 목, 폐, 복부, 골반과 다리등 모든 부분에 동일한 선량을 조사하는 것이다.

최근에 10MV이상 되는 고에너지를 이용한 전신조사에 관한 많은 논문들이 보고되고 있으며 사용된 전신조사 총선량은 7.5GY-10GY정도로 보고 하고 있다.³⁻⁷⁾

전신조사시 선원에서부터 환자가 3m이상 떨어져 있는 거리를 고려한다면 1시간 30분에서 2시간 30분 정도 치료하여야 하며 대상 환자가 대부분 어린아이들이기 때문에 같은 자세를 장시간 유지하기가 힘이들어 여러 차례 분할하여 치료하는 것이 보통이다.

장시간 치료에 대한 선형가속기의 기계적 무리는 물론 장시간 동안 다른 환자를 치료할 수 없으므로 다른 환자들의 치료에 불편함을 동반할 수 있으므로 본 교실에서는 이러한 애로사항을 고려하여 Co-60치료기를 이용한 전신조사에 관한 선량측정및 분석을 시도하였다.

전신조사를 시행할 때 몸의 두께와 내부 밀도에 따른 선량분포의 심한차이를 예상할 수 있으므로 본 교실에서는 인체모형을 이용하여 머리, 목, 폐, 복부, 골반에 대한 선량분포를 film(Kodak, X-Omat)을 이용한 Densitometer로 측정하여 각 부분에 따른 선량 차이를 비교, 검토함으로써 조직보상물질의 두께, 폐의 밀도 보정등의 실제 치료에 있어서의 적용 타당성을 논하고자 한다.

재료 및 방법

선량계산을 위해서는 심부선량백분율(percentage depth dose), 조직/공중선량비(TAR, tissue air ratio), 조직/팬텀선량비(TPR, tissue phantom ratio)등의 값들을 먼저 측정해야 하는데⁸⁾ 이들은 선량측정에도 사용될 수 있는 것이다.

먼저 아크릴팬텀(30×30×30cm)을 Co-60치료기 선원으로부터 3m되게 설치하여

* 이 논문은 1989년도 임상의학연구비에 의해 이루어졌음.

field size 10×10cm으로 조정하여 PTW 30-351 0.6cm²인 이온 챔버로 측정된 결과 출력이 6.1cGY/min였다.

실제적으로 inverse square law에 따른⁹⁾ 선량분포는 SSD(source skin distance) 80.5 cm를 기준으로 하여 거리에 따른 선량비로 나타나고 있는데 측정치가 이론치 보다 조금 적은 것을 알 수 있다(Fig. 1).

방사선은 Co-60치료기의 선원에서 Rando phantom의 중심선까지 수직거리가 3m가 되도록 하여 bilateral opposing field로 조사하였고(Fig. 2),

선량측정은 Rando phantom이 머리(#3), 목(#8), 폐(#15), 복부(#24), 골반(#30) 아래에 필름을 넣어서 field size 130×50cm

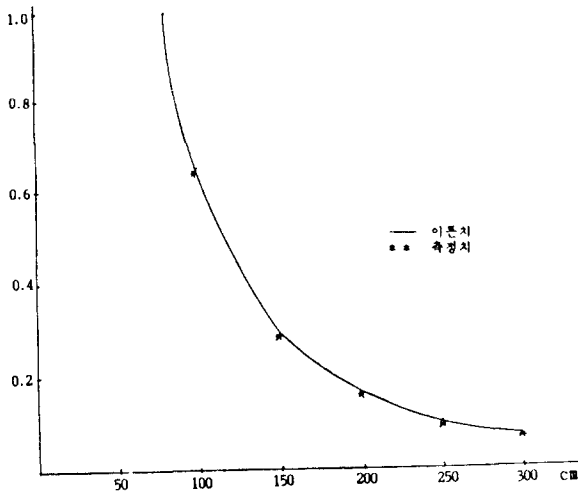


Fig. 1. Test of inverse square law.

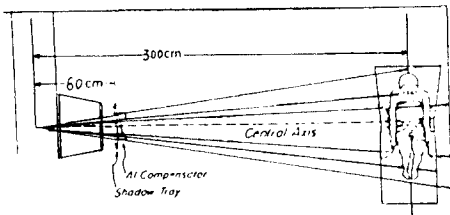


Fig. 2. Schematic illustration of the total body irradiation technique using bilateral opposing fields.

으로 조사한 다음 Densitometer(PDM5, Sakura)을 이용하여 흡수선량을 측정하였다(Fig. 3).

film Densitometer와 비교하여 볼 때 TLD로 측정된 값의 분석에서 4%의 오차를 보고하고



Fig. 3. Features of Rando Phantom

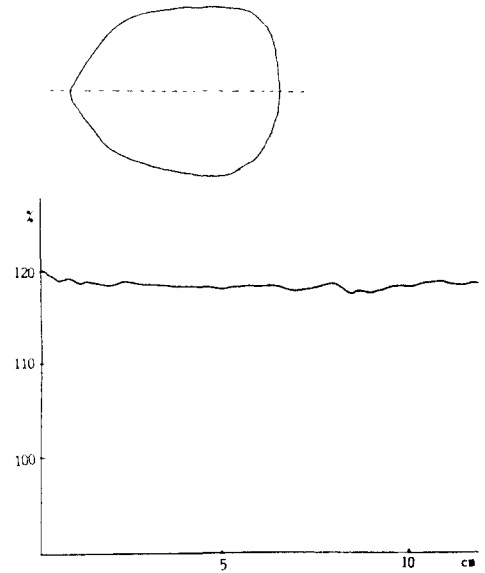


Fig. 4. Dose profile measured using film along the midline for the head section #3

있어서 본 교실에서는 번이가 적은 필름을 사용하여 성적을 분석하였다.

전신조사에서 선원과 환자 몸의 중간 부위까지의 거리를 고려한 환자의 전신이 포함되는 조사야에서 tumor dose(Dr)를 조사하기 위한 총 Monitor Units(M. U.)는 다음 식으로 계산된다.

$$M. U. = \frac{Dr \times (f'/f)^2}{TMR(r_d, d) \times Sc(r_c) \times Sp(r_d)}$$

여기서 $Sc(r_c)$ 는 collimator scatter correction factor이며, $Sp(r_d)$ 는 phantom scatter correction factor이며, $(f'/f)^2$ 는 선원으로부터 떨어진 거리에 따른 inverse square law를 나타내고 있다.

성 적

그림(2)과 같이 field size 130×50cm으로

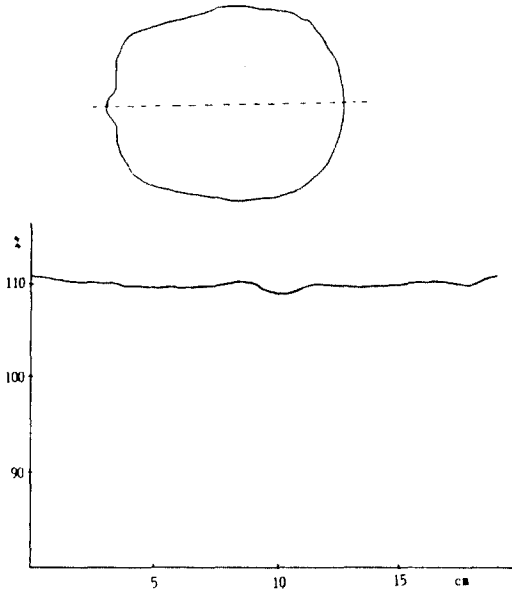


Fig. 5. Dose profile measured using film along the midline for the neck section #8

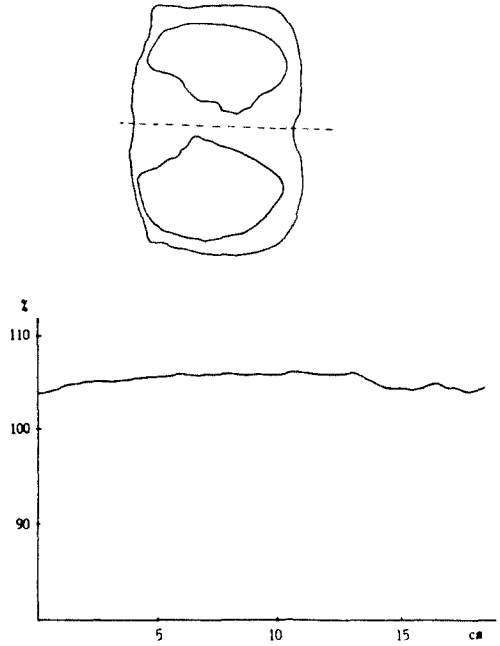


Fig. 6. Dose profile measured using film along the midline for the lung section #5

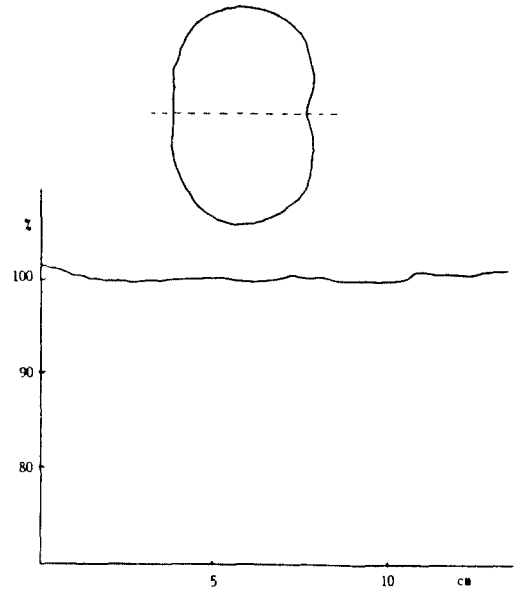


Fig. 7. Dose profile measured using film along the midline for the abdomen section #24

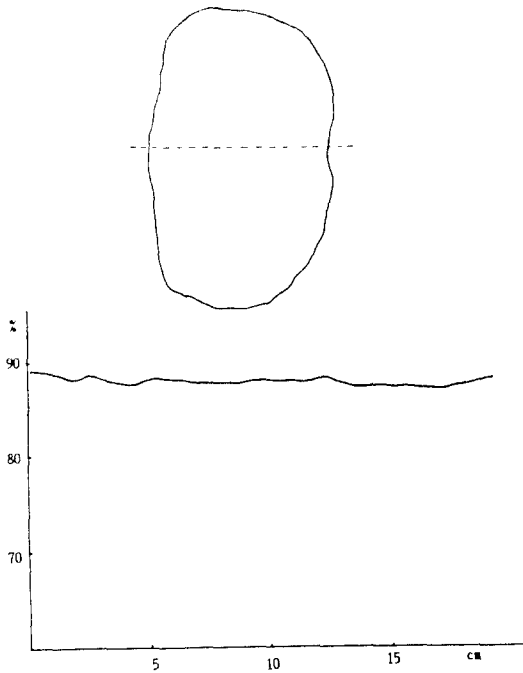


Fig. 8. Dose profile measured using film along the midline for the pelvis section #30

bilateral opposing field로 조사한 다음 각 부위에 대한 흡수선량을 Densitometer를 이용하여 측정된 결과는 다음과 같았다.

측정치에 대한 선량분포는 복부(#24)를 기준으로 하여 각 부위에 대한 상대적인 수치를 나타내고 있다(Fig. 7).

머리에 대하여 점선을 따라 주사한 값은 10% 정도 복부보다 더 많은 선량이 측정되었으며, 점선에 따른 선량분포는 모든 부위에서 비교적 비슷한 등선량곡선을 나타내고 있다(Fig. 4).

목, 폐, 복부, 골반 부위에 대하여 점선을 따라 주사하여 측정된 선량은 복부에 대하여 복은 18%, 폐는 6% 정도 더 많았으며, 골반은 12% 정도 더 적은 선량이 측정되었다(Fig. 5,6,8).

고 찰

전신조사에는 여러가지 방법이 보고되고 있으나 bilateral opposed beam으로 치료하는 것이 가장 보편적으로 행해지고 있으며 경우에 따라 AP-PA parallel opposed beam으로 치료하기도 한다.

치료 조사야를 최대한 크게 사용하기 위하여 콜리메이터를 45° 회전하여 사용하기도 하며, 더 큰 field에 대한 등선량곡선을 얻기 위하여 특수하게 고안된 flattening filter를 부착하기도 한다.

Svesson등¹⁰⁾은 특히 낮은 밀도 때문에 많은 선량이 폐에 조사됨으로 해서 폐동맥 합병증과 호흡기계부전증을 동반할 수 있음을 시사하고 폐에 대한 선량보상의 필요성을 강조하였다. 또한 그는 20여명의 환자에서 조사선량 10GY와 연속적이며 강력한 항암제요법의 병행으로 인해 더 많은 합병증의 원인을 유발한다고 생각하고 총 조사선량을 8GY로 감소하여 치료함으로써 비슷한 생존율에 비해 낮은 합병증의 좋은 결과를 얻었음을 보고하였다.

Khan등¹¹⁾은 10MV X-ray를 사용한 bilateral opposing field방법으로 전신조사에서 TLD(thermoluminescence Dosimeter)를 이용하여 계산치와 측정치의 비교에서 3.5%이하의 좋은 결과를 얻었다고 보고하고 있으며, 보상판 두께의 계산에서 보상판 두께(Lc)는

$$Lc = \tau / q_{comp} \times TD / 2$$
 (τ: 밀도 1로 환산한 두께비, q_{comp} : 보상물질의 밀도, TD: 전체 조직결손)

에 의한 보상판을 제작하여 계산치와 측정치의 비교에서도 6%이하의 차이를 보고하고 있다.

그는 또한 전신조사의 보상판에 대한 원리와 적용에 있어서 보상판의 제작을 위하여 조직결손(tissue deficit), 조직밀도(tissue density) 두께비(thickness ratio, 밀도 1인 bo-

lus이 두께에 대한 동등한 효과를 나타내는 보상판 두께의 비)등을 고려하여야 한다고 주장하고 있다.

Galvin 등^{12,13)}은 CCSG(Childrens Cancer Study Group) protocol에서 심부선량백분율, 조직/펜텀선량비등을 전신조사하는 것과 같은 조건의 거리와 조사야를 고려하여 측정하여야 한다고 보고하고 있으며, Lam 등¹⁴⁾은 AP와 lateral field를 함께 치료하므로써 보상판 없이 폐에 더 들어가는 10-12%의 선량을 5-7%로 감소시킬 수 있다고 보고하고 있다.

본 교실에서 Co-60 치료기로서 시행한 전신조사에서는 두께가 24cm인 복부를 기준으로 하여 상대선량을 측정할 결과 두께가 15.8cm인 머리에는 110%의 선량이 조사되었으며, 두께가 11.0cm인 복에서는 118%의 선량이, 두께가 25.6cm(폐두께 18.0cm)인 폐에서는 106%의 선량이 조사되어 다른 보고 보다는 조금 낮은 값을 나타내었다. 두께가 36cm인 골반에서는 88%의 선량이 조사되어 두께에 따른 선량분포의 차이가 30% 정도가 측정되어 이의 보정을 위한 보상판의 정확한 재조가 전신방사선치료에서 매우 중요함을 시사하였다.

이에 근거하여 본 교실에서는 알루미늄(AI)으로 보상판을 제작하여 Rando Phantom을 사용한 실험에서 균등한 선량분포를 얻었다.

요 약

본 교실에서 Co-60 치료기를 이용한 전신조사에 대한 선량의 측정 및 분석 결과는 다음과 같았다.

1. 폐부위는 기준되는 복부(24cm)에 비해 두께는 두껍지만(25.6cm) 폐의 낮은 밀도 때문에 6% 정도 더 많은 선량이 측정되어 폐손상이나 폐동맥 합병증의 예방을 위하여 적절한 보상판이 필요함을 시사하였다.
2. inverse square law에 의한 이론치 보다

실제의 측정치는 3% 정도 적게 측정되었다.

3. 머리부위(두께 15.8cm)와 목부위(11.0cm)는 얇은 두께 때문에 10%, 18% 정도 더 많은 선량이 측정되었고, 골반부위(두께 36.0cm)는 12% 정도 더 적은 선량이 측정되어 전신조사시 모든 부위에 등선량을 조사하기 위해서는 적당한 보상판이 필수적임을 시사하였다.

참 고 문 헌

1. Brenda, S., Seymour, H., Kim, J. H., Chu, F. C. H., Elliot, G., Neena, K., Dahlia, K., Robert, D., Larry, S., Ann, R., Chen, C., Radhe, M., Denise, F., and Richard, J. O. : Hyperfractionated total body irradiation for bone marrow transplantation : I. Early results in leukemia patients. Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., 7 : 1109-1115, 1981.
2. Kim, T. H., Khan, F. M., Galvin, J. M. : A report of the work party : Comarison of total body irradiation techniques for bone marrow transplantation. Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., 6 : 779-784, 1980.
3. Ramsay, N.K.C., Kim, T., Nesbit, M.E., Kriuit, W., Coccia, P.F., Levitt, S.H., Wood, W.G., Kersey, J.H. : Total lymphoid irradiation and cyclophamide as preparation for bone marrow transplantation in severe aplatic anemia. Blood, 55 : 344-346, 1980.
4. Glasgow, G.P. : The dosimetry of fixed single source hemibody and total body irradiators. Med. Phys., 9 : 311-232, 1982.
5. Pla, M.P., Chenery, S.G., Podgorsak E.B. : Total body irradiation with a sweeping beam. Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.,

- 9 : 83-89, 1983.
6. Van Dyk, J., Leung, P.M.K., Cunningham, J.R. : Dosimetric considerations of very large Co-60 fields. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 6 : 753-759, 1980.
 7. Devorah, H.N., and James P.K. : Total body irradiation. *Front. Radiat. Ther. Onc.*, 21 : 68-83, 1987.
 8. Thomas, H.K., William, F.H., and Douglas, A.C. : Verification of total body photon irradiation dosimetry techniques. *Med. Phys.*, 15 : 364-369, 1988.
 9. Peters, V.G., and Herer, A.S. : Modification of a standard Cobalt-60 unit for total body irradiation at 150cm SSD. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 10 : 927-932, 1984.
 10. Svensson, G.K., Larsen, R.D., and Chen, T.S. : The use of a 4MV linear accelerator for whole body irradiation. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 6 : 761-765, 1980.
 11. Khan, F.M., Williamson, J.F., Sewchand, W., and Kim, T.H. : Basic data for dosage calculation and compensation. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 6 : 745-751, 1980.
 12. Galvin, J.M. : Calculation and prescription of dose for total body irradiation. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 9 : 1919-1924, 1983.
 13. Galvin, J.M., D'Angio, G.J., and Walsh, G. : Use of tissue compensators to improve the dose uniformity for total body irradiation. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 6 : 767-771, 1980.
 14. Lam, W.C., Order, S.E., and Thomas, E.D. : Uniformity and standardization of single and opposing cobalt 60 sources for total body irradiation. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 6 : 245-250, 1980.

-Abstract-

A Study on the Dose Distribution for Total Body Irradiation using Co-60 Teletherapy Unit

Sung Kyu Kim, Sei One Shin, and Myung Se Kim

*Department of Therapeutic Radiology
College of Medicine, Yeungnam University
Taegu, Korea*

In recent years there has been a growing interest in total body, hemibody, total lymphoid irradiation. For refractory leukemia or lymphoma patients, various techniques and dose regimens were introduced, including high dose total body irradiation for destruction of leukemic or bone marrow cells and immunosuppression prior to bone marrow transplantation, and low dose total body irradiation for treatment of lymphocytic leukemias or lymphomas.

Accurate provision for specified dose and the desired homogeneity are essential before clinical total body irradiation.

Purposes of this paper are to discuss calibrating Cobalt Unit in 3m distance using Rando Phantom, to compare calculated dose, calibrated dose, and compensating filters for homogeneous dose distribution in the head and neck, the lung, and the pelvis.

Results were following.

1. Measured dose on the lung was 6% higher than on the abdomen. Measured dose on the head(10%) and neck(18%) were higher than the abdomen because of thinness. Pelvic dose was measured 12% less than the abdomen. Those data suggest that compensating filter was essential.

2. Measured dose according to distance was 3% less than calculated dose which suggest that all doses in clinical use should be compared with calculated dose for minimizing error.