

全腦照射時 腦에 있어서의 線量分布

서울대학교 醫科大學 放射線科學教室

姜渭生 · 河星煥 · 朴贊一

- Abstract -

Dose Distribution in the Brain in Radiotherapy of Whole Brain

Wee Saing Kang, M.S., Sung Whan Ha, M.D., Charn Il Park, M.D.

Department of Radiology, College of Medicine,
Seoul National University

Whole brain irradiation is one mode in the treatment of brain cancer and brain metastasis, but it might cause brain injury such as brain necrosis. It has been studied whether the dose distribution could be a cause of brain injury. The dose distribution in whole brain irradiated by Co-60 beam has been measured by means of calibrated TLD chips inserted in the brain of Humanoid phantom. The following results were obtained.

1. Dose distribution on each transverse section of the brain was uniform.
2. On the midsagittal plane of the brain, the dose was highest in upper portion and lowest in lower portion, varying 8 from 104% to 90%.
3. When the radiation field includes free space of 2cm or more width out of the head, the dose distribution in the whole brain is almost independent of the field width.
4. It is important to determine adequate shielding area and to set shielding block exactly in repetition of treatment.

I. 서 론

뇌 또는 뇌 주위에 원발한 암이나 뇌전이암에 대한 치료방법으로서 방사선치료가 행하여지고 있다^{1,2,3}. 그런 경우에 뇌는 피할 수 없이 피폭되며, 뇌손상이 일어나기도 한다^{4,5}.

방사선으로 전뇌를 조사하는 경우에 뇌손상의 원인은 여러 가지^{6,7}이겠지만 총선량 및 선량분포가 방사선에

• 본 논문은 1982년도 서울대학교 병원 임상연구비 보조로 이루어진 것임.

의한 직접적인 원인일 것이다. 국부적인 뇌손상인 경우에는 뇌의 선량분포가 그 원인일 가능성이 높다. 그러나 곡면을 이루고 있는 두개의 외형을 비롯하여 서로 다른 밀도를 갖는 조직(근육, 뼈, 뇌 등)들의 자기 고르지 못한 두께로 말미암아 정확한 선량분포를 예상하기란 거의 불가능하다. 따라서 유사한 조건에서 얻어진 뇌의 선량분포에 관한 자료는 전뇌조사시 치료계획에 큰 도움이 될 것이다.

⁶⁰Co 원격치료장치에서 방출되는 γ 선으로 전뇌를 조사할 때 뇌에 있어서 선량분포를 구명하고자 TLD 소자를 Humanoid 팬텀의 뇌에 삽입하여 선량측정을 시행하였다.

II. 재료 및 방법

선량측정에 사용된 재료는 $CaF_2 \cdot Mn$ TLD소자 (Victoreen, 크기 $3.2 \times 3.2 \times 0.9mm$)였다. 방사선을 조사하기 전에 TLD소자를 $400^\circ C$ 에서 1시간 동안 열처리하여 선량측정에 이용하였다. 방사선에 피폭된지 24시간 후에 Victoreen 2800 TLD선량계로 TLD 소자의 피폭선량을 측정하였다. 뇌의 선량분포의 측정에 사용하기 전에 TLD소자 각각의 감도 및 감도의 안정성을 측정하였으며 감도를 적용하여 실제 피폭선량을 측정하였다.

교정된 TLD소자를 Humanoid 팬텀의 두부의 절편(절편의 두께는 1인치) 사이에 움직이지 않도록 삽입한다 (절편중에 삽입되어 있는 경고무 동강을 1mm 정도 잘라버리면 가능하다).

TLD소자를 내포하고 있는 Humanoid 팬텀의 두부에 ^{60}Co 원격치료장치 (Picker, C-9)로 좌우에서 일대일로 대향조사하였다. 이 때 선원-표면간의 거리(SSD)는 80 cm, SDD는 45 cm이었으며 조사면의 크기는 $22 \times 17 cm^2$ 혹은 $26 \times 17 cm^2$ 였다. 눈의 피폭을 막기 위하여 5.1 cm 두께의 납으로 방사선을 차폐하였다. 조사면의 폭은 두께가 피넬브라 영역에 포함되지 않도록 두께 밖의 공간을 두께의 폭보다 적어도 2cm 더 넓게 잡았다.

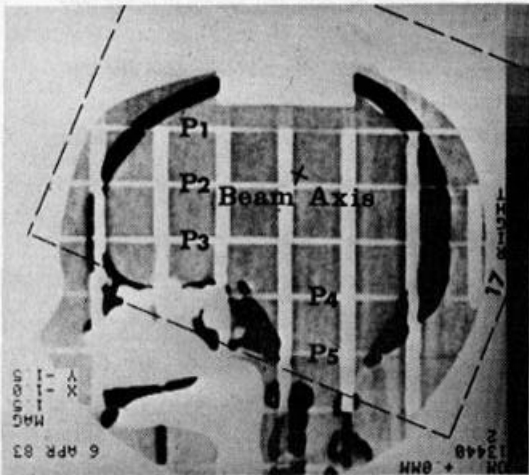


Fig. 1. CT image of midsagittal plane of Humanoid phantom.

Dashed line is the field margin, 22×17 is field size at $SSD=80$ cm. P's indicate transverse plane including bright cross line.

선축은 위에서 두번째 절편 (Fig.1의 x표)을 통과하였다. 선축상 두께의 두께는 13.5 cm이었으며 가장 두꺼운 부분은 15 cm이었다.

선량분포는 중앙축단면과 선축의 교점에서 가장 가까운 점의 선량에 대해 백분율로 표시하였다.

III. 결과

$CaF_2 \cdot Mn$ TLD소자의 감도는 균일하지 않고 제각기 달랐다. TLD소자의 상대적인 감도는 평균치에 대하여 75-130%의 넓은 범위에 분포되어 있었다. 각 소자의 감도의 안정성은 5% 오차범위 내에 있었으며, 그 중 71%는 2% 오차범위내에서 안정되어 있었다.

조사면의 크기가 $22 \times 17 cm^2$ 일 때 뇌의 횡단면상의 선량분포는 Fig.2와 Table 1에 제시되어 있다. 선량으로서 표시된 수치는 Fig.2의 b에 있는 점 C (중앙 축단면과 방사선의 선축과 교점에서 가장 가까운 점)의 선량에 대해 백분율로 표시된 값이다. 각 횡단면상의 선량분포는 균등하게 나타나 있으나, 뇌의 상부에서 하부로 내려갈수록 선량이 감소되어 있다 (평균치가 103.2%에서부터 91.5%로 감소). 중앙축단면상의 선량분포는 Fig.3에 제시되어 있는 바와 같이 90~104%까지의 넓은 범위의 불균등한 분포를 보여 주고 있다 (Fig. 2c)의 점 A (Fig.3의 좌측면 위에서 세번째 점)의 선량이 70%이다. 이 선량자체보다 점 A의 근처의 뇌의 선량도 70%에 가까울 가능성이 있는 것이 문제이다.

조사면의 크기가 $26 \times 17 cm^2$ 인 때도 폭이 4 cm 좁은 $22 \times 17 cm^2$ 인 경우에 비해 뇌의 선량분포에 의미있는 차이는 없었다.

IV. 고찰

TLD소자의 각각의 감도를 고려하여 선량을 측정하는 한 감도의 안정성이 중요한 문제인데 측정에 이용된 소자의 안정성은 믿을만하였다.

Table 1. Dose distributions on transverse planes of brain.

Plane	Range	Average
P ₁	102 - 104%	103.2%
P ₂	98 - 103	100.3
P ₃	96 - 101	98.9
P ₄	94 - 100	96.8
P ₅	90 - 93	91.5

단면 P₁ (좌우의 최대폭 12 cm)의 평균선량은 103.2 %로서 어느 다른 단면의 평균 선량보다 높는데, 이는 단면의 폭이 다른 부분보다 좁기 때문이다. 단면 P₅의 평균선량은 91.5 %로서 가장 낮은 선량분포를 보여 주고 있는데 이는 그 부분에서 두개의 두께는 문제되지 않고 단면 P₅가 피넛브라영역에 가까왔기 때문이다.

Fig.2의 단면 P₅에 있는 점의 선량이 70%로서 점 C의 기준선량에 비해 30%나 낮다. 점 A는 눈의 피폭을 막기 위한 차폐물로 말미암아 형성된 피넛브라영역에 포함된 점이라서 그 점의 선량이 낮게 나타났다. 점 A의 선량은 매 측정시 다른 값으로 나타났으며 그 범위는 48~90%였다. 이와 같이 점 A의 선량이 일정치 않게 또 낮게 측정되었다는 것은 점 A의 주변에 있는 뇌에 있어

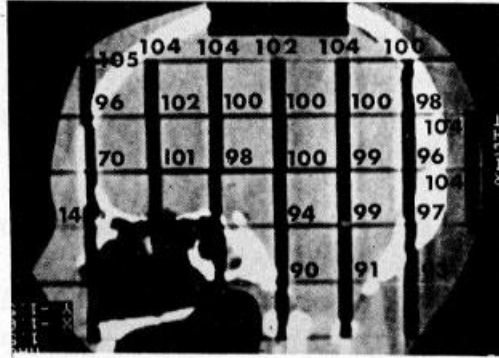


Fig. 3. Dose distribution on midsagittal plane. Dose distribution is not uniform, ranging from 90% to 104%.

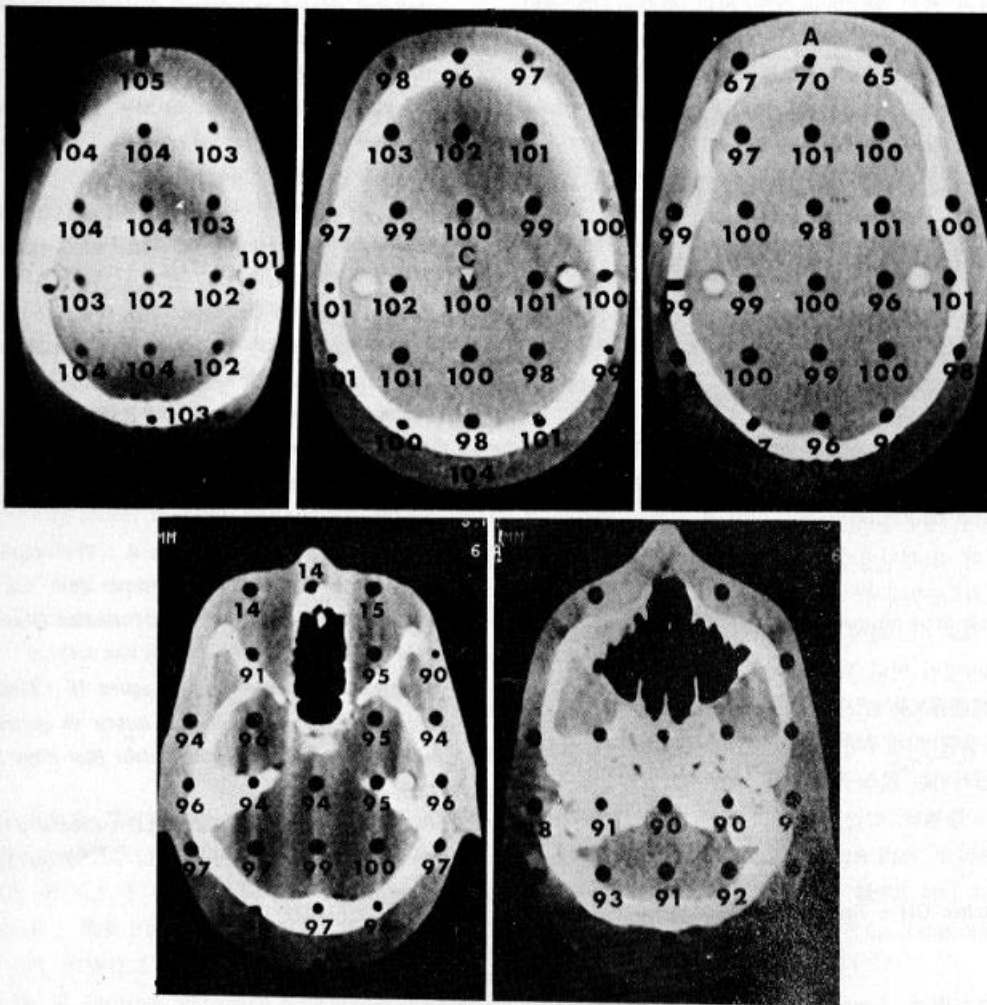


Fig. 2. Dose distributions on transverse planes. Dose distribution on each plane is uniform. a) P₁, b) P₂, c) P₃, d) P₄, e) P₅.

서도 마찬가지로 현상이 나타나서 뇌의 선량이 저선량이 될 가능성이 높다.

실제 임상 치료에서도 상기한 문제가 발생할 우려가 있으므로 차폐물의 위치 결정과 설치에 정확성을 기하여 뇌에 있어서 저선량으로 인한 위험성을 없애야 할 것이다.

Fig. 3의 중앙에 있는 종축상의 선량분포 (102-100-100-94-90%)는 Gillin¹¹⁾ 등이 이온함으로 측정된 결과 (균등한 선량분포)와는 달리 뇌의 하부에서 과소선량으로 나타났다. 이와 같이 차이가 나는 이유는 Gillin 등의 경우는 뇌가 피넛브라 영역에서 충분히 반해 본 데 반해 본 측정에서는 뇌가 피넛브라영역에 가까이 있었기 때문이다.

조사면의 폭이 26 cm인 경우 뇌의 선량분포가 폭이 22 cm인 경우와 동일하다는 결과는 두개가 ⁶⁰Co 조사면의 균등선량범위내에 포함될 수 있을 정도의 폭을 갖는 조사면에 대해서는 뇌에 있어서 선량분포가 유사할 것이라는 것을 의미하고 있다.

이상으로부터 ⁶⁰Co으로 전뇌를 조사할 때 선량분포에 있어서 과다보다는 과소 부위가 나타날 가능성이 크다.

본 실험에서는 선량분포에 두께골이 미치는 영향을 확인할 수 없었다.

V. 결 론

⁶⁰Co으로 Humanoid 팬텀의 전뇌를 조사할 때 뇌의 선량분포를 교정된 TLD소자를 이용하여 측정된 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 뇌의 각 횡단면에서의 선량분포는 균등하였다.
2. 뇌의 상부에서 하부로 내려갈수록 선량이 104%에서 90%로 감소하여 비균등선량분포를 보여 주었다.
3. 조사면이 머리 밖의 공간을 2 cm이상 포함할 때 전뇌의 선량분포는 조사면의 폭에 거의 무관하다.
4. 적절한 차폐부위를 정하고, 반복치료를 차폐물을 정확히 설치하는 것이 필요하다.

REFERENCES

1. Fletcher GH : *Textbook of Radiotherapy, 3rd Ed:*

946-947, Lea & Febiger, Philadelphia, 1980.

2. Borgelt B, Gelber R, Kramer S, et al : *The palliation of brain metastases : Final results of the first two studies by the Radiation Therapy Oncology Group. Int J Radiat Oncol Biol Phys 6:1-9, 1980.*
3. Kurtz JM, Gelber R, Brady LW, et al : *The palliation of brain metastases in a favorable patient population : A randomized clinical trial by the Radiation Therapy Oncology Group. Int J Radiat Oncol Biol Phys 7:891-895, 1981.*
4. Sheline GE, Wara WM, Smith V : *Therapeutic irradiation and brain injury. Int J Radiat Oncol Biol Phys 6:1215-1228, 1980.*
5. West J, Maor M : *Intracranial metastases : Behavioral patterns related to primary site and results of treatment by whole brain irradiation. Int J Radiat Oncol Biol Phys 6:11-15, 1980.*
6. Deutch M, Albo V, Wollman MR : *Radiotherapy for cerebral metastases in children. Int J Radiat Oncol Biol Phys 8:1441-1446, 1982.*
7. Nisce LZ, Hilaris BS, Chu FC : *A review of experience with irradiation of brain metastases. AJR 111:329-333, 1971.*
8. Horton J, Baxter DH, Olson KB, et al : *The management of metastases to the brain by irradiation and corticosteroids. AJR 111:334-336, 1971.*
9. Pezner RD, Archambeau JO : *Brain tolerance unit: A method to estimate risk of radiation brain injury for various dose schedules. Int J Radiat Oncol Biol Phys 7:397-402, 1981.*
10. Hornsey S, Morris CC, Myers R : *The relationship between fractionation and total dose for x-ray induced brain damage. Int J Radiat Oncol Biol Phys 7:393-396, 1981.*
11. Aristizabal SA, Boone LM, Laguna JF : *Endocrine factors influencing radiation injury to central nervous tissue. Int J Radiat Oncol Biol Phys 5:349-353, 1979.*
12. Gillin MT, Kline RW, Kun LE : *Cranial dose distribution. Int J Radiat Oncol Biol Phys 5:1903-1906, 1979.*