영남의대학술지 제7권 제2호
The Yeungnam Univ. Med. J.
Vol. 7, No. 2, Dec. 1990.

고에너지 방사선치료에서 차폐물 경계부위의 선량분포에 관한 고찰

영남대학교 의과대학 치료방사선과학교실

김명세 · 김성규 · 신세원

서 론

방사선치료에 있어서 종양부위에 조사되는 총선량과 선량분포는 치료성적에도 중대한 영향을 미치지만, 방사선으로 인하여 발병될 수 있는 합병증과 부작용에도 영향을 미치고 있다.[1-3] 정확한 선량분포의 측정은 정확한 치료효과를 위하여 필수적이며 특히 조사면적내에 차폐물을 사용할 경우의 부정형조사면의 선량분포의 정확성은 치료효과를 좌우하는 요소가 된다.

일반적으로 선량과 선량분포의 측정은 입사빔의 산란조건등을 충분히 고려하여 매우 큰 피부(30cm×30cm×30cm 이상)를 가지는 팬톰을 이용하여 구해진다.[4]

실제 환자를 치료하는 경우에 있어서 방사선을 조사해야 할 부위는 대부분 직사각형 모양이며, 조사면 내에 차폐물이 있는 부정형 조사 모양이 일반적이다.

방사선치료에 이용되고 있는 equivalent square field(ESF)의 계산은 Day[5] 가 제안한 Co-60 X-ray에 대한 심부백분율을 이용하여 구한 BJR Supplement No 11과 최근 들어 Yu[6]가 제안한 출력 조사면의 크기에 따라 측정한 측정값들을 data-fit function에 적용하여 직사각형 조사면적에 대한 ESF를 구한 방법이 많이 이용되고 있다.

5cm×5cm 에서 20cm×20cm 정도의 통상 조사면적에 대한 두 계산은 거의 일치하고 있으므로 본 연구에서는 조사면적에 대한 BJR Supplement No 11을 사용하여 조사면내에 차폐물이 있는 경우의 출력특성을 측정하여, 차폐물이 포함되어 있는 부정형 조사면에 대한 산란선이 선량과 선량분포에 미치는 영향에 관하여 고찰하고자 한다.

재료 및 방법

입사된 방사선이 조직 내에서 조직과 상호작용을 하여 산란되는 산란선량은 tissue-air ratios(TAR)와 scatter-air ratios(SAR)을 이용하여 구할 수 있다.

실제적으로 산란선량의 계산은 부정형 조사면적의 선량측정에 매우 유용하게 이용되며, SAR은 TAR처럼 SSD(source skin distance)에는 무관하지만 에너지와 깊이, 조사면적의 크기에 의존하는 양이다. 팬톰의 어떤 한 점에서의 산란선량은 그 점에서 측정된 총선량에서 primary dose를 뺀 값이기 때문에 SAR은 주어진 조사

* 본 논문은 1990년도 임상의학연구비의 보조로 이루어졌음.

면적의 TAR과 0cm×0cm의 TAR의 관계로 나타낼 수 있다.[7]

$$SAR(d, r) = TAR(d, r) - TAR(d, 0) \quad -(1)$$

SAR을 이용한 부정형 조사면적에 대한 선량 계산은 Clarkson과 Cunningham[8]에 의하여 개발되었다.

$$\overline{TAR} = TAR(0) + \overline{SAR} \quad ---(2)$$

여기서 $\overline{TAR}$은 모든 깊이에서의 TAR를 구하여 평균한 평균 TAR를 나타내며, $\overline{SAR}$은 평균 SAR를 나타낸다. (2) 식을 심부백분율(%DD)로 나타내면

$$\%DD = 100 \times TAR \times \frac{1}{BSF} \times \left(\frac{f+dm}{f+d}\right)^2 \quad -(3)$$

여기서 BSF는 부정형 조사면에 대한 backscatter factor를 나타낸다.

이 실험에서는 본 병원 치료방사선과에 설치되어 있는 18 MeV 선형가속기(NELAC-1018, NEC)와 Co-60 원격치료기(C/9 COBALT, ATC)를 사용하였으며, 선량측정은 선형가속기는 ICRU 21에 언급된 아크릴팬톰 5cm 깊이에서 SAD(Source axis distance) 100cm이 되는 위치에서 측정하였으며, 코발트 원격치료기는 ICRU 14에 언급된 SSD 80cm이 되도록 설치하여 5cm 깊이에서 측정하였다. 이때 사용한 이온챔버는 0.6cm PTW 30-350이었으며 Electrometer는 Victoreen 500이였다.

또한 부정형 조사면적에 대한 필름 측정을 실시하여 차폐물에 의한 산란선이 미치는 영향을 Densitometer(PDM5, Sakura)로 측정하여 분석하였다.

성 적

임상적으로 허용 가능한 편평도를 가지는 방사선 조사면적에 대하여 선형가속기의 조사면적에 따른 출력특성은 선형적으로 나타났으며,

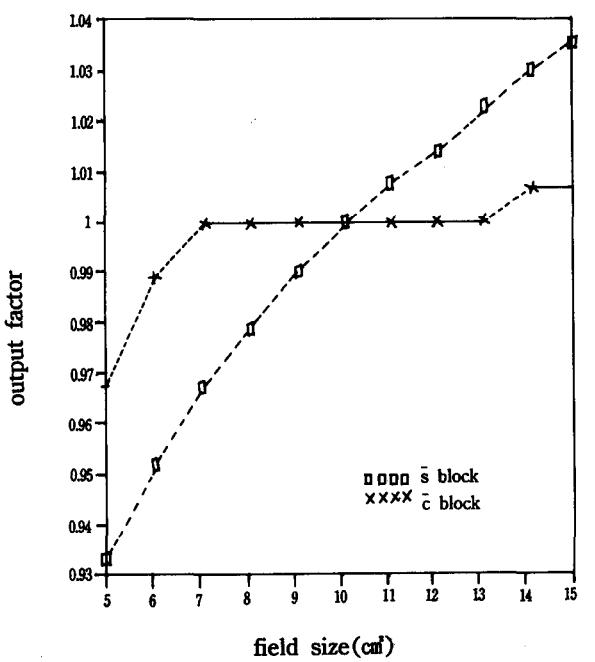

Fig. 1 Output curve according to field size of 18MeV Linear Accelerator

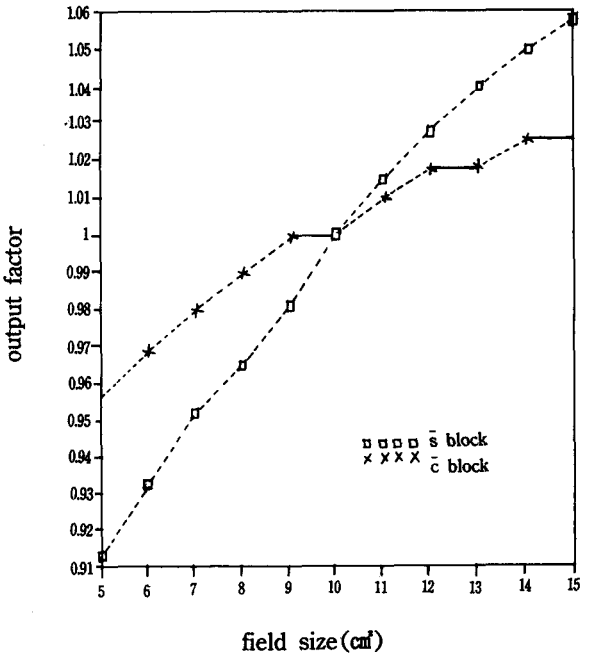

Fig. 2 Output curve according to field size of Co-60 teletherapy

조사면적 내에 차폐물이 있는 경우 조사면적에 따른 출력특성은 조사면적의 크기에 대하여 거의 무관하게 나타났다(Fig. 1). 이때 사용한 차폐물 납판의 두께는 선형가속기가 8.4cm (HVL=1.6cm)이였고, 코발트 원격치료기는 5.2 cm(HVL=1.2cm)으로 95% 이상의 차폐효과를 가지는 차폐물을 사용하였다.[9]

코발트 원격치료기의 조사면적에 따른 출력특성도 선형적으로 나타났으며, 조사면적내에 차폐물이 있는 경우 조사면적에 따른 출력특성은 조사면적의 크기에 따라 기울기가 적은 선형성을 나타내었다(Fig. 2).

또한 조사면적 내부에 있는 차폐물에 의한 산란선의 효과는 선형가속기와 코발트 원격치료기에서 차폐물이 이루는 각이 예각일수록 산란선의 효과는 더욱 크게 나타났으며 선형가속기보다 코발트 원격치료기에서 산란선의 효과는 조금 더 크게 나타났다(Table 1). 차폐물의 넓이가 좁을수록 산란선의 효과는 더욱 크게 나

Table 1. Scattered radiation depend on the angle of protecting block

angle	Linac	Co-60
30°	1.05	1.09
45°	1.03	1.05
60°	1.02	1.03
90°	1.00	1.00

Table 2. Scattered radiation depend on the width of protecting block

width(cm)	Linac	Co-60
2.0	1.05	1.10
3.0	1.03	1.07
4.0	1.02	1.04
5.0	1.01	1.02
6.0	1.00	1.01
7.0	1.00	1.00

타났으며, 선형가속기보다 코발트 원격치료기에서 산란선의 효과는 더 크게 관찰되었다(Table 2).

고 찰

암환자들의 생존율이 높아짐에 따라 방사선 치료로 인한 만성적 장애가 점점 문제시 되고 있다. 특히 방사선 조사면적으로 부터 차폐되는 부위는 눈이나 신장, 간, 척추등 몸의 중요 장기들인 경우가 대부분이다. 이 경우 중요 장기들은 한계선량 이하로 조사되기 위하여 차폐물을 이용하여 방사선 조사로 부터 제외시키게 된다. 이때 차폐물의 모양과 위치에 따라 총선량 5000cGy을 조사할 때 산란선에 의한 2-3%의 산란선량이라도 백내장, 생식기능 저하의 장애도 일으킬 수 있으며, 200cGy의 선량이 수정체에 조사될 경우 백내장을 일으킬 수 있으며,[10] 고환에 100cGy 정도 피폭되면 생식기능에 장애를 받으며 400cGy 이상 피폭될 경우 영구적인 무정자증이 생길 수도 있다고 보고하고 있음으로[11,12] 산란선의 선량분포는 정확하게 확인되어야 한다.

Clarkson 등은[13] 차폐물에 의한 부정형 모양에 대한 산란선의 선량측정 방법으로 깊이에 따른 선량분포를 이용한 계산방법을 제안하였으며, 맨틀조사면, 역Y조사면 등을 계산하는데 이용되고 있으며, 부정형 모양을 정사각형이나 직사각형 모양으로 나누어 실제 치료면적을 계산하며, 조사면적 내에 차폐물이 있는 경우 전체 조사면적에서 차폐물 부분을 뺀 것으로 생각하고 계산하기 때문에 실제 측정치보다 1%-3% 정도 적게 나타나는 것으로 보고하고 있다.

Day 등은[14] 부정형 조사면적의 선량계산에서 조사면적 외부의 가상적인 조사면을 생각하여 산란선량을 계산하는 방법을 제안하였으며, BSF 대신에 팬톰의 산란선량 S를 사용하였다.

Acarwal 등은[15] 부정형 조사면적의 선량계산에서 조사면 내에 포함된 차폐물에 의한 부정형 조사면적을 직사각형이나 정사각형의 모양으로 환산하고 전체 조사면적에서 이 면적을 뺀 면적의 ESF 조사면적을 계산하는데 %DD을 사용하여 구하는 방법을 제안하였다. 이 방법으로 조사면의 중심부위에 차폐물이 있는 경우 측정치가 계산치보다 3%정도 큰 것으로 보고하고 있다.

Fraass 등은[16] 조사면적의 외부에도 산란선에 의한 주변선량의 축적현상이 있음을 보고하고 있다. d보다 깊은 부위에서 주변선량은 깊이가 깊어질수록 증가하며, 조사면 경계에서 멀어질수록 감소하는 정도가 점점 작아지며, 경계부위로 부터 약 15cm 이상 떨어진 곳에서는 깊이에 무관함을 보고하고 있어 산란선량에 의한 조사면 외부의 주변선량도 방사선치료시에 중대한 영향을 미치고 있음을 보고하고 있다.

본 실험에서 측정한 조사면적 내의 차폐물의 분포에 따른 산란선의 효과는 차폐물이 이루는 각이 예각일수록 산란선량이 커짐을 알 수 있었다.

선형가속기인 경우 60°일때 2%였으나 30°일때 5%로 증가하는 것으로 나타났으며, 코발트 원격치료기인 경우에는 60°일때 3%였으나 30°일때 9%로 증가함을 나타내고 있어 차폐물이 이루는 각도가 예각보다는 둔각에 가까운 원형 모양의 차폐물이 산란선량의 효과를 감소시키고 있음을 알 수 있어 실제 임상의 적용에 원형모양의 차폐물이 유용함을 시사하였다.

또한 차폐물의 넓이가 적을때 코발트 원격치료기에서는 반음영현상에 의한 효과가 크게 나타남을 알 수 있었으며, 척추와 같은 장기를 차폐할 경우 차폐물의 넓이가 3cm 이상 되는 것이 실제 임상적용에 있어서 유용함을 시사하였다.

요 약

18MeV 선형가속기와 코발트 원격치료기를

사용하여 방사선 조사면적 내에 차폐물이 있는 경우, 차폐물에 의한 산란선이 선량분포에 미치는 영향에 관하여 고찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 차폐물이 이루는 각이 예각일수록 산란선의 효과는 더 크게 나타났다.

2. 차폐물의 넓이가 좁을수록 산란선의 효과는 더 크게 나타났다.

3. 조사면적에 따른 출력특성은 선형적이지만, 차폐물에 의한 출력특성은 조사면적에 대하여 선형가속기는 거의 무관하게 나타났으며, 코발트 원격치료기는 기울기가 적은 선형성을 나타내었다.

참고문헌

1. Rubin, P. : Late effects of chemotherapy and radiation therapy ; a new hypothesis. Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys., 10 : 5-34, 1984.
2. Rowley, M. J., Leach, D. R., and Warner, G. A. : Effect of graded doses of ionizing radiation on the human testis. Radiat. Res., 59 : 665-677, 1974.
3. DeVita, V. T., Hellman, S., and Rosenberg, S. A. : Cancer. J. B. Lippincott, New York, 1989, pp. 2135-2190.
4. IAEA : Absorbed dose determination in photon and electron beams. Technical peports, 277 : 9-15, 1987.
5. Day, M. J. : The equivalent field method for axial dose determinations in rectangular fields. Br. J. Radial., (Supplement 11) : 95-100, 1972.
6. Yu, H. : The applicability of the method of equivalent squares for photon and electron beams. Phys. Med. Biol., 28(11) : 1279-1287, 1983.
7. Khan, F. M. : The physics of radiation therapy. Williams & Wilkins, Baltimore, 1984, p. 178.
8. Johns, H. E., and Cunningham, J. R. : The physics of radiology. Charles C Thomas, Illinois, 1983, pp. 341-362.
9. NCRP : Structural shielding design and evaluation for medical use of X ray and gamma rays of energies up to 10 MeV. NCRP Report, 49 : 88-89, 1976.
10. Parsons, J. T., Fitzerald, C. R., and Ian Hood, C. : The effects of radiation on the eye and optic nerve. Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys., 9 : 609-622, 1983.
11. Pizzarello, D. J., and Witcofski, R. L. : Medical radiation biology. Ler & Febiger, Philadephia, 1982, pp. 52-62.
12. Ash, P. : The influence of radiation on fertility in man. Br. J. Radiol., 53 : 271-278, 1980.
13. Clarkson, J. R. : A note on depth doses in fields of irregular shape. Br. J. Radiol., 14 : 265-268, 1941.
14. Day, M. J. : A note on the calculation of dose in x-ray fields. Br. J. Radiol., 23 : 368-369, 1950.
15. Agarwal, S. K., Wakley, J., Scheele, R. V., and Normansell, A. : A method of dosimetryfor irregularly shaped fiedls. Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys., 2 : 199-203, 1977.
16. Fraass, B. A., and van de Geijn, J. : Peripheral dose from megavolt beams. Med. Phys., 10 : 809-818, 1983.

—Abstract—

A study on the dosimetry in boundary of shielding block in high energy irradiation

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

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

Scatter—air ratios are used for the purpose of calculating scattered dose in the medium. The computation of the primry and the scattered dose separately is particularly useful in the dosimetry of irregular fields with shielding block in radiation field, dose distribution of scattered radiation using 18MeV Linear accelerator and Co—60 teletherapy measured.

The effect of scattered radiation dose by protecting block was been ignored in radiation therapy, 2—3% of scattered rediation may be 90—200cGy which could be influence vitial complication such as cataract, oligospermia or sterility.

So that exect calculation of such scattered radiation especially for large field c̄ small protection of vitial organ is very important.

The purpose of this article is to calculate scattered radiation by protecting block exactly for irregular field c̄ Linac or Co—60 irradiation and to applicate these data in clinical radiation field.

Authors could obtain following results.

1. The lesser angle between shielding block showed more scattered radiation.
2. With decreasing distance between shielding blocks, the dependent of scattered radiation were increased.
3. Output of 18MeV Linear accelerator and Co—60 was related linear proportion on field size, but independent according to the size of shielding block in 18MeV Linear accelerator.

Key Word : Dosimetry, Shielding block