

The Study of Dosimetry according to the Thickness of Beam Spoiler on Total Body Irradiation

Youngjae Kim, Byeongkyou Jeon, Jaesik Lee*, Jaeun Jung

Dept. of Radiologic Technology, Daegu Health College, Department of Clinical Laboratory Science, Hyejeon College*

전신방사선치료시 산란체의 두께에 따른 선량측정

김영재, 전병규, 이재식*, 정재은

대구보건대학교 방사선과, 해전대학교 임상병리과*

Abstract

The therapy of total body irradiation on leukemia carries out to kill harmful bacteria or suppression of immune system by external beam therapy, which is a preparatory stage to reconstitute bone marrow before a pre-treatment of bone marrow transplantation to patients with health bone marrow cells. In case of this kind of radiation therapy, the spoiler use to increase surface dose of patient which varies depending on distance and thickness between patient and spoiler. In this study, the change was investigated the surface dose according to thickness of spoiler. The 0.5% increase of surface dose was observed with each 2.0 cm when the spoiler in acrylic was prepared from 0.5 cm to 3.0 cm at intervals of 0.5 cm was evaluated. Based on this result, it suggests that this kind of application will be somewhat limited on clinical trials directly but proper surface dose can be useful method when is applying on patients of treatment prognosis who are required each different surface dose.

Key Words : TBI, Dosimetry, Beam Spoiler

요약

방사선을 이용한 백혈병의 전신방사선 치료는 환자의 골수에 건강한 골수세포를 이식하는 골수이식(bone marrow transplantation) 시행 전, 골수의 재구성을 위한 준비단계로 전신에 외부 방사선을 조사(external beam therapy)하여 유해한 세포를 죽이거나 면역체계의 억제를 목적으로 시행된다. 전신방사선 치료를 시행할 경우 환자의 표면선량을 증가하기 위해 사용되는 산란판(spoiler)을 사용하게 되는데 산란판을 사용할 때의 표면선량은 환자와의 거리에 따라 달라지고, 두께에 따라 달라지게 된다. 이에 본 논문에서는 산란판의 두께에 따른 표면선량의 변화를 알아보았다. 아크릴로 된 산란판을 0.5 cm부터 3.0 cm 까지 0.5 cm 간격으로 제작하여 각각 측정된 결과 2.0 cm를 기준으로 두께에 따라 약 0.5% 정도의 표면선량의 증가를 관찰 할 수 있었다. 이를 토대로 임상에 직접 적용하기에는 제한적일 수 있으나 임상실험과 치료받은 환자의 예후 등을 조사하여 임상에 적용한다면 각기 다른 표면선량을 요구하는 환자들에게 산란판의 두께변화 만으로도 적절한 표면선량을 부여하는 방법이 될 것으로 생각된다.

중심단어: 전신방사선치료, 선량측정, 산란체

Corresponding Author : Jaeun Jung
Add. 15 Youngdong-ro, Buk-gu, Daegu 702-722, Korea
Received : July 01, 2014

E-mail: jejung@dhc.ac.kr
Korea
Revised : August 01, 2014

Tel: +82-(0)10-8896-0505
Accepted : August 25, 2014

I. INTRODUCTION

방사선을 이용한 암의 치료목적은 정상조직에 흡수되는 선량을 최소한으로 하면서 동시에 종양조직에 적합한 처방선량을 전달하는 것이 목적이다. 이러한 방사선 치료는 일반적인 고형암은 물론이고 백혈병, 전신림프구성 혈액암의 치료에서도 적용이 가능하다^[1]. 2012년 질병관리본부의 통계연보에 의하면 조혈모세포이식법의 전체수는 증가하고 있으며^{[2],[3]} 조혈모세포의 이식법의 전처치로서 항암화학요법과 전신방사선조사(TBI, total body irradiation) 두 가지가 있다.

조혈모세포이식법은 골수를 파괴시키는 고용량의 항암제 혹은 전신방사선조사(total body irradiation, TBI) 전처치(conditioning)를 통해 백혈병 세포를 제거한 후, 조직적 합합원이 일치하는 형제 혹은 타인의 조혈모세포를 주입하여 골수를 재건해 주는 방법이다^[4].

항암화학요법과 비교하였을 때 전신방사선 치료는 투여 자체가 어렵지 않으며, 경제적이고, 다른 항암제와의 교차 내성이 없으며, 혈류량과 관계없이 전신에 균일하게 조사할 수 있어 항암제처럼 침투가 어려운 조직이나 기관이 없다는 장점이 있다^[3]. 단점으로는 방사선으로 인한 부작용이며, 특히, 소아의 경우 방사선 감수성이 높기 때문에 방사선으로 인한 부작용의 위험이 크다^[5]. 그렇기 때문에 TBI 시행 시 정확한 선량평가가 이루어져야 한다.

TBI의 경우 표면선량에 처방선량의 90%이상을 처방하는데 그렇게 하기 위해서는 충분한 선원과 환자와의 거리(source surface distance, SSD)가 필요 하다. 하지만 현재 각 병원은 치료실의 크기에 제약이 있기 때문에 조직보상체와 산란판을 이용하여 표면선량을 높이고 있다. 조직보상체 사용의 경우, 현재 그 기준이 명확히 제시되어 있지 않으며 산란판의 경우 이론적으로 산란판의 두께가 두꺼울수록, 환자와의 거리가 가까워질 수록 피부선량이 증가한다고 알려져 있다^[6].

전신방사선 조사시 방사선 조사선량은 총 900~1,200 cGy로 간질성 폐렴과 백내장 등 환자의 부작용을 최소화하기 위하여 3~4일에 걸쳐 분할 치료를 하게 된다^[5]. 이 때 사용하는 선형가속기로 광자선을 인체에 조사하게 되면 최대선량점(build up dose)이 피부나 표

면조직보다 신체의 내부에 형성하게 된다.

이를 방지하기 위하여 사용되는 산란판은 표면선량을 증가시킬 목적으로 사용되어지는데 산란판을 사용하면으로써 표면선량을 처방선량의 90% 이상까지 높여 줄 수 있다^[7].

환자가 받는 피부 혹은 표면선량의 변화는 피부와 선원사이의 거리(source to skin distance), 조사야(field size), 빔의 에너지(beam energy) 등이 있다^[8]. 산란판의 효과는 빔 산란판의 원자번호, 두께, 산란판과 표면사이의 거리에 따라 결정된다.

본 논문은 전신방사선치료시 산란판의 두께에 따른 표면선량의 변화를 측정하여 적절한 산란판의 두께를 알아보고자 하였다.

II. Experimental Equipment And Method

1. 실험기기

의료용 선형가속기로는 Siemens 사의 Artiste CT vision을 이용하였으며 표면선량 측정을 위해서 평행평판형 전리함(Roose Chamber, PTW, USA)과 전위계(No. 2620, NE, UK)를 사용하였다[Fig. 1],[Fig. 2].

조직과 등가인 고체팬텀(solid water phantom, Med-tec, USA)을 30×30×30 cm³으로 쌓아 환자의 체형을 재현하였으며 팬텀의 중심부에 선량계를 위치하도록 하였다[Fig. 3].

산란판은 임상에서 사용하고 있는 아크릴로 구성된 산란판을 사용하였으며 두께의 변화를 위해서 0.5 cm 두께의 아크릴를 부착하면서 조사하였다.



Fig. 1. Medical linear accelerator Artiste CT vision.



Fig. 2. Parallel plate ionization chamber (Roose Chamber, PTW, USA).



Fig. 3. Solid water phantom.

2. 실험방법

표면선량을 측정하기 위해 선형가속기의 콜리메이터에서 팬텀의 표면까지를 400 cm로 유지한 후 팬텀에서 5cm 이격된 거리에 산란판을 설치한다.

팬텀표면과 산란판 간의 거리는 고정된 채 산란판의 두께를 0.5 cm, 1 cm 1.5 cm 2.0 cm 2.5 cm 3.0 cm

로 변화시키며 실제 치료시와 동일한 6 MV의 엑스선을 300MU 씩 조사하여 측정하였다[Fig 4].

총 5회를 반복하여 측정하였으며 산란판의 두께가 2.0 cm인 경우를 기준으로 하여 상대적으로 평가하도록 하였다.

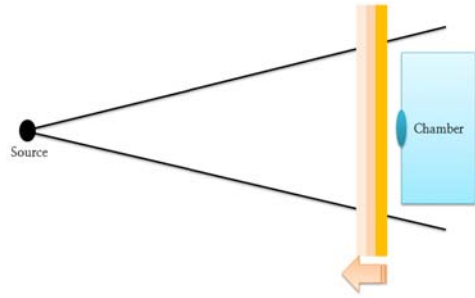


Fig. 4. The measured by ionization chamber while the beam spoiler thickness 0.5 ~ 3.0 cm.

III. RESULT

산란판의 두께에 따른 표면선량의 변화양상을 측정해 본 결과 산란판의 두께가 두꺼워 질수록 측정되는 표면선량의 값은 증가하였다[Table 1].

산란판의 두께가 5 mm 증가할 경우 평균 표면선량 값이 약 0.05 cGy 정도 증가 하였다.

2.0 cm의 두께를 가진 산란판을 기준으로 비교해 본다면 0.5 cm의 경우 98.8%의 선량이 측정되었고, 1.0 cm는 99.2%, 2.5 cm는 100.5%, 3.0cm는 101.0%의 선량이 측정되었음을 알 수 있었다. 비록 미량의 변화율이지만 환자의 표면선량의 변화를 처방선량에 수정 적용하여야 할 것으로 생각된다.

Table 1. The result of surface dose and intercomparison. (unit : cGy)

Spoiler Thickness	1	2	3	4	5	Average	Value Comparison(%)
0.5	15.515	15.568	15.558	15.561	15.542	15.549	98.8
1.0	15.600	15.595	15.605	15.611	15.598	15.602	99.2
1.5	15.675	15.668	15.684	15.688	15.704	15.684	99.7
2.0	15.733	15.742	15.732	15.732	15.710	15.730	100.0
2.5	15.814	15.798	15.788	15.811	15.805	15.803	100.5
3.0	15.874	15.877	15.912	15.895	15.884	15.888	101.0

IV. DISCUSSION

백혈병은 백혈구의 악성증식으로 생기고 어느 연령에서나 볼 수 있으나 2세부터 발생빈도가 증가하여 5세에 가장 많으며 골수기능 부전 및 기타 조직침윤 등의 합병증으로 인하여 그 사망률이 매우 높은 질환이다^{[9],[10]}. 특히, 유소아 환자에게 많이 발생하며 방사선 피폭이 주된 원인으로 알려지고 있다^[11].

진단적 검사를 통해 받게 되는 수준의 저선량 피폭에 의해 과연 암 발생이 유발되는지에 대해서 논란이 있지만 현재 linear-non-threshold 가설이 받아들여지고 있다. 따라서 아무리 작은 피폭이라도 문턱선량이 없어 암 발생의 위험을 증가시킬 수 있다는 전제하에 의료 피폭을 최소화하려는 노력이 필요하다^[12]. 특히 성장하고 있는 소아에서는 세포들이 활발하게 분열을 하고 있기 때문에 방사선에 더 민감하며 남은 생애가 길어 잠복기를 거쳐 암 발생이 나타날 가능성이 더 높고, 추후 성장과정 및 성인이 된 이후 외상, 건강검진, 질병으로 여러 차례 방사선에 더 피폭될 가능성이 높아 특히 유의해야 한다.

백혈병의 진단은 임상 증상, 혈액 소견, 방사선 소견 및 골수천자를 통하여 이루어지고 있으나 질환의 초기에 임상적 혈액학적 소견이 저명하지 않은 상태에 있어서는 골의 방사선학적 소견이 진단에 도움이 될 수 있으므로 그 중요성이 강조되었다^{[13],[14]}.

방사선을 이용한 백혈병의 치료는 진단 환자의 골수에 건강한 골수세포를 이식하는 골수이식(bone marrow transplantation) 전, 골수의 재구성을 위한 준비 단계로 전신에 외부 방사선을 조사(external beam therapy)하여 유해한 세포를 죽이거나 면역체계의 억제를 위하여 행하여진다^[3].

전신 방사선조사시 환자의 표면선량을 증가시키기 위해서 환자의 표면과 선원사이에서 산란판을 위치하게 되는데 환자와 산란판간의 거리에 따라 환자의 표면선량이 달라지기도 한다. 최중환 등의 연구를 살펴보면 산란판 사이의 간격이 50~60 cm일 경우 표면선량의 값이 처방선량에 가장 근접한 값을 보였다는 연구결과를 나타내었다^[7]. 또한, 환자의 표면에 선량이 고루 분포하게 하기 위해서 조직보상체(tissue

compensating filter)를 사용하게 되는데 이동연 등은 이 조직보상체의 두께가 달라짐에 따라 환자가 받는 선량의 달라짐을 연구하기도 하였다^{[15],[16]}.

본 논문의 경우에는 이동연 등이 연구한 조직보상체의 두께에 따른 선량의 변화가 아닌 산란판(beam spoiler)의 두께의 변화가 환자의 표면선량에 어떠한 영향을 미치는지 조사해 보기로 하였으며 산란판의 두께를 0.5 cm부터 3.0 cm까지 달라짐에 따라 표면선량을 측정하였다. 측정결과 산란판이 두꺼워짐에 따라 표면선량이 증가되었음을 알 수 있었다.

증가율은 0.5 cm 증가할 때마다 0.4%(2.0 cm 기준)정도 증가되는 양상을 보였다. 하지만 표면선량이 계속적으로 증가한다고 하여 이를 임상에 적용하는 것은 다소 무리가 있을 것이다(Fig. 5).

현재 임상에서는 아크릴로 된 산란판을 1.0~2.0 cm 두께로 사용하고 있으며 장비의 Setting과 선량측정 또한 그러한 두께로 하고 있기 때문에 기존의 두께를 벗어나 새로운 두께의 산란판을 적용한다는 것은 환자 처방선량의 적합성과의 연구가 선행되어야 할 것으로 생각되고, 산란판의 두께가 표면선량 뿐만아니라 심부의 선량과도 어떠한 관련이 있는지 확인해 볼 필요가 있을 것으로 생각된다. 단순히 표면선량의 증가만으로 치료효과를 언급할 수는 없지만 분명히 산란판의 두께를 달리하는 경우 표면선량의 변화를 일으키기 때문에 적용하는 환자들의 개개인에 맞춤형 산란판의 이용이 가능 할 것으로 생각된다.

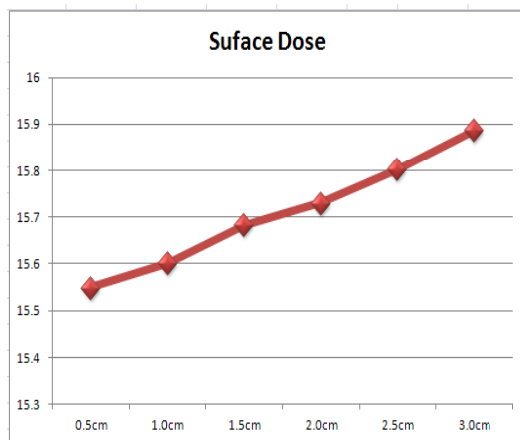


Fig. 5. The variation on the average surface dose under spoiler thickness.

V. CONCLUSION

산란판의 두께에 따른 표면선량의 변화를 관찰해 본 결과 산란판의 두께가 두꺼워짐에 따라 표면선량의 증가를 보였다. 이를 적절히 이용한다면 전신방사선치료를 받는 환자에게 각각 다른 표면선량을 부여할 수 있을 것으로 생각되어 결과적으로 맞춤형 표면선량 조사를 할 수 있을 것으로 사료된다.

Reference

- [1] S. J. Kim, D. G. Han, and H. J. Baek, Comparison of Total Body Irradiation (TBI) or Non-TBI as conditioning Regimen for Stem Cell Transplantation (SCT) in Pediatric Leukemia patient, Korean Journal of Pediatrics, Vol.53, No.4, pp.538-547, 2010.
- [2] Korean Network for Organ Sharing, Korea Centers for Disease Control and Prevention, Annual Report of the transplant 2012, 2013
- [3] S. H. Kim and I. Y. Yu, Identification of symptoms by treatment phases in children with leukemia, The graduate school of nursing Yonsei University, 2009.
- [4] Kim SJ, Han DG, Baek HJ et al. Comparison of Total Body Irradiation (TBI) or Non-TBI as conditioning Regimen for Stem Cell Transplantation (SCT) in Pediatric Leukemia patient, Korean Journal of Pediatrics, Vol. 53, No. 4, pp.538-547, 2010.
- [5] Jeong-Keun Lee, Seong-Joo Jang, Young-Il Jang, Medical Radiation Exposure in Children CT and Dose Reduction, Journals of Korea Contents Association. Vol.14, No.1, pp.356-363, 2014.
- [6] Faiz M. Khan, The Physics Of Radiation Therapy-Fourth Edition, Lippincott Williams & Wilkins Pub, 2003.
- [7] Jonghwan Choi, Jongsik Kim, Jimin Choi, Analysis of Surface Dose Refer to Distance between Beam Spoiler and Patient in Total Body Irradiation, JKSR, Vol.19, No.1, 2007.
- [8] Kassae A, Xiao Y, Block p, et al. Dose near the surface during total body irradiation with 15 MV X-ray, Int J Cancer No.96, pp.125-130, 2001.
- [9] Philip AP, David GP. Principles and practice of pediatric oncology. 3rd ed. Philadelphia : JB Lippincott Co, pp.1-9, 1997.
- [10] Fernbach DJ. Natural history of acute leukemia. In : Sutow WW, Vietti TJ, Fernbach DJ, editors. Clinical pediatric hematology. 2nd ed. Saint Louis : CV Mosby Co, pp.291-333, 1977.
- [11] Ah Young Jung, Medical radiation exposure in children and dose reduction, J Korean Med Assoc, Vol.54, No.12, pp.1277-1283, 2011.
- [12] National Council on Radiation Protection and Measurements. Ionizing radiation exposure of the population of the United States. Bethesda (MD): National Council on Radiation Protection & Measurements; 2009.
- [13] Silverman FN. The skeletal lesion in leukemia. Clinical and roentgenographic observations in 103 infants and children, with a review of the literature. AJR, No.59, pp.819-44, 1948.
- [14] Thomas LB, Forkner CE, Frei E, Besse BE, Stabenau JR. The skeletal lesions of acute leukemia. Cancer, No.14, pp.608-21, 1961.
- [15] Dong-Yeon Lee, Seongjin Ko, Sesik Kang, et al, Dose Evaluation of Childhood Leukemia in Total Body Irradiation, JKSR, Vol.7, No.4, 2013.
- [16] Dong-Yeon Lee, Chang-Soo Kim, Dong-Hyen Kim et al. Total Body Irradiation of Childhood Leukemia dose Evaluation due to Changes in the Thickness of the Tissue Compensators, Journals of Korea Contents Association, Vol.14, No.4, 2014.