

# A Study on Radiation Exposure using Nominal Risk Coefficients

Joo-Ah Lee\*, Jong-Gil Kwak, Cheol-Min Jeon

Department of Radiological Technology, Gwangju Health University

Received: August 08, 2024. Revised: August 29, 2024. Accepted: August 31, 2024.

## ABSTRACT

In this study, we aimed to analyze the probability of secondary cancer occurring in the abdomen, a normal organ, due to photoneutron exposure during intensity-modulated radiotherapy for prostate cancer. The design of the radiation treatment plan for prostate cancer was established as a daily prescription dose of 220 cGy, a total of 35 treatments, and 7700 cGy. The experimental equipment was a True Beam STx (Varian, USA) linear accelerator from Varian. The energy used in the experiment was 15 MV, and the treatment plan was designed so that the photoneutron dose would be generated within the planning target volume (PTV). The radiation treatment plan was an Eclipse System (Varian Ver. 10.0, USA), and the number of irradiation portals was set to 5 to 9. The irradiation angle was designed so that 95% of the prescription dose area was set to 0 to 320°, and the number of beamlets per irradiation portal was set to 100. The optically stimulated luminescence dosimeter used in this study to measure the dose of photoneutrons was designed to measure photoneutron doses by coating <sup>6</sup>LiCO<sub>3</sub> on a device containing aluminum oxide components. It was studied that there is a minimum of 7.07 to 11 cases per 1,000 people with secondary cancer due to the photoneutron dose to the abdomen during intensity-modulated radiotherapy. In this study, we studied the risk of secondary radiation dose that may occur during intensity-modulated radiotherapy, and we expect that this will be used as meaningful data related to the probabilistic effects of radiation in the future.

Keywords: Nominal Risk Factor, Prostate cancer, International Commission on Radiological Protection 103, Intensity-modulated radiation therapy, photoneutron

## I. INTRODUCTION

방사선 치료는 양성 및 악성 종양에 적절한 처방 선량을 조사하여 주위 정상조직에는 가능한 피폭 선량을 최소화하여 부작용이 발생되지 않도록 함이 목적이다<sup>[1-3]</sup>. 특히 종양이 비교적 국소부위에 제한되어 있으며 원격전이 없을 때, 완치를 목적으로 하는 근치적 목적의 방사선 치료에서는 정상조직의 피폭선량이 더욱 중요시된다<sup>[4]</sup>. 이러한 방사선 치료 과정 중에서, 전립샘암은 특히 주변 정상장기들의 피폭선량으로 인하여 특히 복부, 대장 및 비뇨기계와 관련된 부작용이 많이 발생됨이 보고되어져 있다<sup>[5]</sup>.

전립샘암의 방사선치료는 200 cGy 이상의 일일 처방 선량으로 주 5회 치료 시 총 선량 7,000 cGy 이상을 받게 된다<sup>[6]</sup>. 즉, 임상에서 통상적으로 총 7~8 주의 치료기간을 고려한다면 이 치료과정에서 발생하는 부작용이 전립샘암 환자들의 삶의 질에 미치는 영향은 크다고 할 수 있다<sup>[7]</sup>.

전립샘암 방사선 치료과정 중에서 주변 정상장기인 직장 및 방광 등의 복부 주변의 일부분이 불가피하게 피폭을 수반하게 된다<sup>[8]</sup>. 이로 인하여 치료 중 직장염 및 급성방광염, 설사 등의 방사선 피폭으로 인한 부작용을 최소화하기 위하여 주변 정상조직들의 피폭선량을 최대한 줄이는 것이 매우 중요시된다<sup>[9]</sup>.

\* Corresponding Author: Joo-Ah Lee

E-mail: rtorange@ghu.ac.kr

Tel:+82-62-958-7663

암의 방사선 치료 시 임상에서 현재 많이 사용되는 세기조절방사선치료는 전립샘암 치료 과정에서 10 MV 이상의 고 에너지 사용 시, 예전에 사용하였던 6 MV 보다 더 치료의 이점이 많음이 보고되었다<sup>[10]</sup>. 이는 목표로 하는 종양의 타겟에 효과적으로 선량 전달이 되며, 주변의 중요한 정상조직들의 피폭선량을 감소시킬 수 있다<sup>[11]</sup>. 따라서 전립샘암의 방사선치료에는 10 MV 이상의 고 에너지가 널리 사용되어진다<sup>[12]</sup>. 이와 더불어 10 MV 이상의 고 에너지는 에너지가 높은 입사 광자가 원자핵에 흡수되어 양성자 및 중성자를 방출하는, 즉 광자에 의한 핵변환인 광핵반응(photonuclear reaction)이 발생한다<sup>[13]</sup>. 이로 인하여 발생하는 광중성자(photoneutron)는 선형가속기의 콜리메이터와 선속평탄 여과판에서 발생된다<sup>[14]</sup>. 국제방사선방호위원회(ICRP) 103에 따르면, 이 광중성자선은 에너지의 분포에 따라서 광자선에 비교하여 최소 2.5배~최대 20배에 달하여 방사선 가중치가 크다고 언급하였다<sup>[15]</sup>. 즉, 이러한 현상으로 발생하는 광중성자선 선량으로 인하여 전립샘암의 방사선 치료 시 정상 조직에 2차 암이 발생할 위험성이 높다.

이에 본 연구에서 전립샘암의 방사선치료기법 중 세기조절 방사선 치료 시 정상장기인 복부의 광중성자 피폭으로 인하여 2차 암이 발생할 확률을 분석하고자 한다.

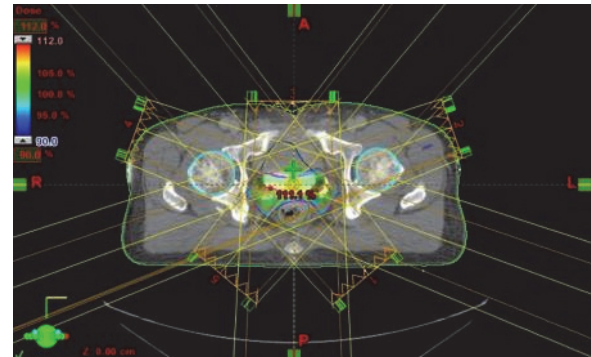
## II. MATERIAL AND METHODS

### 1. 실험기기 및 대상

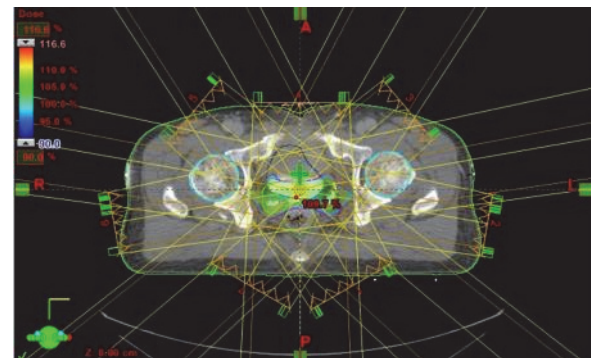
전립샘암 방사선 치료계획의 설계는 일일 처방 선량 220 cGy, 총 치료 횟수는 35회로 7700 cGy로 수립하였다. 실험장비는 Varian 사의 True Beam STx (Varian, USA) 선형가속기이다. 실험에 사용한 에너지는 15 MV로 치료 계획용 표적체적(Planning target volume; PTV)안에 광중성자 선량이 발생하도록 치료계획을 설계하였다.

방사선 치료계획은 Eclipse System (Varian Ver 10.0, USA)이며, Fig. 1과 같이 조사문수를 5~9개로 설정하였다. 조사각도는 0° ~ 320°에서 처방선량 (prescription dose)영역에 95%가 설정되도록 설계하

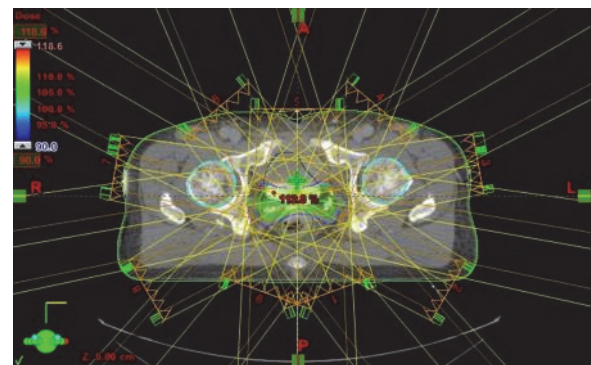
였으며, 각각의 조사문수 당 소조사면(beamlet)은 100개로 설정하였다.



(A) IMRT (5 portals)



(B) IMRT (7 portals)



(C) IMRT (9 portals)

Fig. 1. Radiation Treatment Plans.

### 2. 실험방법

15 MV 에너지가 발생가능한 선형가속기의 테이블(couch)에 인체 모형 팬텀(Alderson Research Laboratories Inc. Stanford, CT, USA)을 셋업하였다.

광자극발광선량계 (Optically stimulated luminescence albedo neutron dosimeter, albedo neutron dosimeter,

Landauer Inc.,USA)<sup>[7]</sup>를 Fig. 2와 같이 위치시킨 후 빔을 조사하였다. 실제 방사선치료와 동일하게 인체팬텀의 치료 중심선(iso-center)을 치료실 벽면의 레이저에 맞추어 위치잡이를 하였다. 그리고 인체팬텀의 복부위치에 해당하는 부위에 선량계를 위치시켰다.

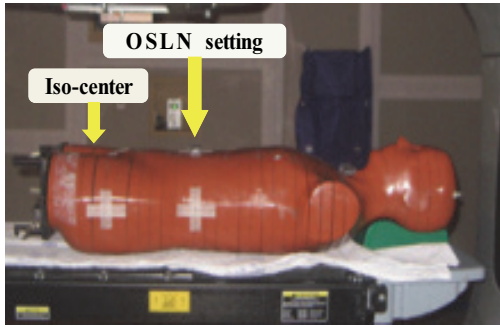


Fig. 2. Phantom was set on the table.

광중성자의 선량 측정을 위하여 본 연구에 사용한 광자극발광선량계는 알루미늄산화물 성분이 포함된 소자에 <sup>6</sup>LiCO<sub>3</sub> 를 도포하여 중성자 선량이 측정 가능하도록 설계하였다<sup>[13]</sup>. 그리고 선량측정을 위하여 예열(annealing) 3시간 후, 빔을 조사하였다.

선량 판독은 전용판독기(microStar Dosimetry Reader, USA)를 사용하여 각각 5회를 반복 조사 후 평균치로 판독하였다.

### III. RESULT

방사선치료기법 중 세기조절방사선치료법에 따른 광중성자 선량값의 결과 Table 1에서와 같이 복부에서의 위치 9개의 조사문수에서 가장 높은 선량값이 측정되었다. 광중성자 선량(Sv)측정 값으로 인한 2차 암의 발생확률을 도출하기 위하여, ICRP 103에 의거한 명목위험계수를 활용하였다<sup>[15]</sup>.

방사선피폭에 대한 명목위험계수는 전체의 총 피폭받는 집단에 대한 Sv 당 유전적인 영향과 암의 발생에 관한 위험계수로 이는 5.7 % 이며, 복부의 조직가중치는 ICRP 103에 의거하여 0.12로 산출하였다<sup>[15]</sup>. 각 조사문수에 따른 인체팬텀의 복부에서 측정된 광중성자의 선량값은 아래 Table 1에서와 같이 9개 조사문수에서 총 175.7 mSv로 가장 높게

측정되었다.

Table 1. Photoneutron dose according to IMRT technique (unit: mSv)

Classification	Abdomen		
	5 portals	7 portals	9 portals
Total photoneutron dose	117.25	162.75	175.7
Measurement (mean ± St.D)	3.35 ± .83	4.65 ± .73	5.02 ± .86

전립샘암 방사선 치료 중 세기조절 방사선치료 기법에서, 복부의 광중성자 선량으로 인한 2차 암의 발생확률은 ICRP 103에 의거하여<sup>[15]</sup> 아래의 Eq. (1)의 식과 같다. 그리고 복부의 조직가중치와 명목 위험계수 또한 ICRP 103을 근거로 하였다<sup>[15]</sup>.

$$\text{Nominal Risk Coefficient} \times \text{Photoneutron dose} \times \text{Tissue Weighting Factor} \times \text{Neutron Radiation Weighting Factor} \times \text{Total Fractions} \quad (1)$$

본 연구에서는 광자선 15 MV의 에너지를 사용하였으며, 중성자는 광자선의 최대 에너지는 넘지 않기 때문에 단일에너지로 환산 시 10 MeV로 ICRP 103에 의거한 Eq. (2)의 식의 중성자 가중치를 활용하였다<sup>[15]</sup>. 또한 ICRP 103에 의거하여 Eq. (2)의 식을 참고하여 중성자의 방사선가중치를 8.81의 값을 구하였다<sup>[15]</sup>.

$$W_R = 2.5 + 18.2e^{-[\ln(E_n)]^2/6}, \quad (E_n < 1 \text{ MeV})$$

$$W_R = 5.0 + 17.0e^{-[\ln(2E_n)]^2/6}, \quad (1 \text{ MeV} \leq E_n \leq 50 \text{ MeV})$$

$$W_R = 2.5 + 3.25e^{-[\ln(0.04E_n)]^2/6}, \quad (E_n > 50 \text{ MeV}) \quad (2)$$

위 계산식에 의거하여, 전립샘암 세기조절 방사선 치료 시 복부의 피폭선량으로 인하여 2차 암이 발생할 확률은 9개의 조사문수 사용 시 1,000명 당

11명의 발생확률임을 도출하였다.

Table 2. Secondary cancer incidence according to number of beams administered during prostate cancer radiotherapy

Classification	5 portals	7 portals	9 portals
Cancer incidence	$7.07 \times 10^{-3}$ 7.07 per 1,000	$9.81 \times 10^{-3}$ 9.81 per 1,000	0.011 11 per 1,000

#### IV. DISCUSSION

선형가속기에서 발생하는 10 MV 이상의 고 에너지는 심부선량이 높으며, 표면선량률이 낮은 특징의 이점으로 임상에서 사용빈도가 높다<sup>[4]</sup>. 하지만, 10 MV 이상의 고 에너지는 광핵반응으로 발생하는 광중성자 발생이 문제점으로 제시되었다<sup>[8]</sup>. 그럼에도 불구하고 이와 관련된 연구들은 시뮬레이션과 광중성자 선량을 측정하는데에 그친 실험들로 국한되어 있다<sup>[16-20]</sup>.

반면, 본 연구에서는 광자극발광선량계로 측정하여, 전립샘암의 방사선 치료 시 중요 결정장기인 복부의 피폭선량에 따른 2차 암의 발생확률을 연구하였다는 점에서 보다 더 의미있는 연구라고 할 수 있겠다. 전립샘암 방사선치료에서 발생하는 2차 암의 발생정도를 예상한 이의 연구에 의하면<sup>[21]</sup>, 3차원 입체조형 방사선치료, 용적변조 방사선 치료보다도 세기조절방사선치료가 발생률이 높음을 주장하였다. 하지만, 이의 연구에서는 세기조절 방사선 치료법의 다양한 조사문수별로는 연구되지 못하였다는 아쉬움이 남는다<sup>[21]</sup>. 또한 실제 임상에서는 전립샘암 방사선치료 중 10, 15 MV 에너지를 사용하는데 방사선가중치가 매우 높은 광중성자의 선량 분석을 하지 못한 한계점이 있다<sup>[21]</sup>.

저선량이 미치는 영향에 대해서 분석한 미국 국립과학아카데미의 생물학적 영향 보고서에 따르면 문턱값(threshold) 없는 선형비레이론(linear-no threshold LNT model)을 주장하고 있다<sup>[22]</sup>. 이는 암의 발생률이 저선량에서도 문턱값이 존재하지 않더라도, 선형으로 상승되어 최소 선량에서도 추가

적인 피폭의 위험이 증가된다는 연구이다<sup>[22]</sup>.

즉 방사선치료는 1회로 종료되는 것이 아닌, 총 28~33회 이상을 반복적으로 시행하기 때문에<sup>[23]</sup>, 비록 적은 선량이라 할지라도 방사선 피폭에 민감한 중요장기의 피폭선량에 더욱 세심한 주의를 해야 된다. 또한 100 mSv의 선량이 피폭되었을 시, 혈액검사의 이형성을 연구한 하의 연구에 의하면<sup>[24]</sup>, 본 연구에서 가장 적은 5개의 조사문수에서도 110 mSv로 그 기준치를 초과하는 선량임을 알 수 있다.

즉, 세기조절방사선치료 시 조사문수를 적게 사용하더라도 정상조직의 피폭으로 인한 그 위험과 확률적 영향을 신중히 고려해야 됨을 나타낸다. 방사선 치료실 내부에서 발생하는 선형가속기의 산란선 선량에 관한 연구에서 제시한 바와 같이<sup>[25]</sup>, 암 환자들의 방사선치료과정 중에서 추가적으로 불가피하게 발생하는 선량들의 위험성은 존재하고 있다<sup>[23,25]</sup>. 이러한 환경에서 정상조직에는 가능한 최소한의 피폭이 되도록 노력해야 한다<sup>[15]</sup>. 이러한 피폭선량의 최소화 노력은 방사선치료과정 뿐 아니라, 방사선을 이용하는 영상의학 검사에서도 또한 가능한 한 피폭이 최소화 되도록 노력을 해야 된다<sup>[26-28]</sup>. 본 연구에서의 제한점은 보다 더 다양한 방사선치료계획을 설계하지 못한 아쉬움이 있다. 하지만, 전립샘암의 방사선 치료 시 임상에서 널리 사용되는 세기조절 방사선 치료 과정에서 조사문수에 광중성자 선량으로 2차 암의 유발확률을 제시하였다는 점에서 그 의의가 있다고 할 수 있겠다. 향후 방사선 장애의 확률적 영향과 관련되어 보다 더 의미 있는 활용될 수 있기를 기대한다.

#### V. CONCLUSION

전립샘암의 방사선치료법 중 세기조절 방사선 치료 시 조사문수에 따른 2차 암의 유발확률을 분석하였다. 그 결과 복부의 광중성자 선량으로 인하여, 1,000명 기준으로 최소 7.07 ~ 11명이 2차 암의 발생확률이 있음이 연구되었다. 본 연구에서 세기조절 방사선치료 시 발생할 수 있는 2차 피폭선량의 위험성을 연구하여, 추후 방사선의 확률적 영향과 관련된 의미 있는 자료로 활용되기를 기대한다.



## Reference

- [1] D. Böhmer, A. Siegmann, S. Scharl, Ch. Ruf, Th. Wiegel, M. Krafcsik, R. Thamm, "Impact of Dose Escalation on the Efficacy of Salvage Radiotherapy for Recurrent Prostate Cancer—A Risk-Adjusted, Matched-Pair Analysis", *Cancers*, Vol. 14, No. 5, pp. 1320, 2022. <https://doi.org/10.3390/cancers14051320>
- [2] F. M. Khan, *The Physics of Radiation Therapy 4/E*, Lippincott Williams & Wilkins, 2009.
- [3] J. A. Lee, G. H. Kim, "A Study on the Probability of Secondary Carcinogenesis during Gamma Knife Radiosurgery", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 16, No. 7, pp. 843-849, 2022. <https://doi.org/10.7742/jksr.2022.16.7.843>
- [4] W. H. Pinover, A. L. Hanlon, E. M. Horwitz, G E Hanks, "Defining the appropriate radiation dose for pretreatment PSA < or = 10 ng/mL prostate cancer", *International journal of Radiation Oncology Biology Physics*, Vol. 47, No. 3, pp. 649-654, 2000. [https://doi.org/10.1016/s0360-3016\(00\)00465-x](https://doi.org/10.1016/s0360-3016(00)00465-x)
- [5] J. A. Lee, "Evaluation of Cancer Incidence Rate using Exposure Dose to Surrounding Normal Organs during Radiation Therapy for Prostate Cancer", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 16, No. 3, pp. 351-356, 2022. <http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2022.16.3.351>
- [6] G. Y. Han, W. Song, "Practical Exercise Intervention to Reduce Adverse Effects for Prostate Cancer Patients", *Journal of the Exercise Science*, Vol. 26, No. 2, pp. 152-158, 2017. <https://doi.org/10.15857/ksep.2017.26.2.152>
- [7] Y. H. Kim, J. S. Hwang, J. H. Ahn, S. M. Lee, Y. J. Lee, S. J. Shin, "Utilities for prostate cancer by cancer stage and treatment step in Korea", *The Korean Journal of Health Economics and Policy*, Vol. 19, No. 2, pp. 1-20, 2013.
- [8] J. A. Lee, "A Study of Cancer Incidence Rate due to Photoneutron Dose during Radiation Therapy for Prostate Cancer Patients", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 16, No. 4, pp. 471-476, 2022. <http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2022.16.4.471>
- [9] G. S. Song, J. R. Bae, J. K. Kim, "A Comparison for Treatment Planning of Tomotherapy and Proton Therapy in Prostate Cancer", *Journal of radiological science and technology*, Vol. 36, No. 1, pp. 31-38, 2013.
- [10] Norman. R, "Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities, NCRP Report No. 151", *The Radiation Safety Journal*, Vol. 91, No. 3, pp. 270, 2006. <https://doi.org/10.1097/01.HP.0000205229.89321.ce>
- [11] J. Pena, L. Franco, F. Gómez, A. Iglesias, J. Pardo M. Pombar, "Monte Carlo study of Siemens PRIMUS photoneutron production", *Physics in Medicine & Biology*, Vol. 50, No. 24, pp. 5921-5933, 2005. <http://doi.org/10.1088/0031-9155/50/24/011>
- [12] J. A. Lee, S. Y. Son, J. H. Min, K. W. Choi, S. R. Na, H. W. Jeong, "Neutron dosimetry depending on the number of portals for prostate cancer IMRT(Intensity-Modulated Radiation Therapy)", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 15, No. 6, pp. 3734-3738, 2014. <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.6.3734>
- [13] J. A. Lee, G. M. Baek, Y. S. Kim, S. Y. Soon, K. K. Choi, B. G. Yoo, H. W. Jeong, J. H. Jung, K. W. Kim, J. H. Min, "Evaluation of Photoneutron Dose for Prostate Cancer Radiation Therapy by Using Optically Stimulated Luminescence Dosimeter (OSLD)", *Journal of radiological science and technology Korean Society of Radiological Science*, Vol. 37, No. 2, pp. 125-134, 2014.
- [14] H. W. Jang, S. J. Jin, J. Y. Je, "An Analysis into the Dose Rate of Photoneutron Occurring in a Linear Accelerator", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 11, No. 7, pp. 565-569, 2017. <https://doi.org/10.7742/jksr.2017.11.7.565>
- [15] ICRP Publication 103, *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37, Vol. 2-4, 2007.
- [16] D. Y. Lee, E. T. Park, J. H. Kim, "Characterization of the Neutron for Linear Accelerator Shielding Wall using a Monte Carlo Simulation", *Journal of radiological science and technology Korean Society of Radiological Science*, Vol. 39, No. 1, pp. 89-97, 2016. <https://doi.org/10.17946/JRST.2016.39.1.11>

- [17] C. H. Lee, J. O. Kim, Y. J. Lee, C. H. Jeon, J. E. Lee, B. I. Min, "A Study on Photoneutron Characteristics Generated from Target and Collimator of Electron Linear Accelerator for Container Security Inspection using MCNP6 Code", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 14, No. 4, pp. 455-465, 2020.  
<https://doi.org/10.7742/jksr.2020.14.4.455>
- [18] S. Y. Lee, Y. H. Seoung, "Evaluation of Effective Dose with National Diagnostic Reference Level using Monte-Carlo Simulation", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 15, No. 7, pp. 1041-1047, 2021.  
<https://doi.org/10.7742/jksr.2021.15.7.1041>
- [19] C. H. Baek, S. J. Lee, D. H. Kim, "Diagnostic X-ray Spectra Detection by Monte Carlo Simulation", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 12, No. 3, pp. 289-295, 2018.  
<http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2018.12.3.289>
- [20] S. J. Lee, C. H. Baek, "Digital Position Acquisition Method of PET Detector Module using Maximum Likelihood Position Estimation", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 15, No. 1, pp. 1-7, 2021. <https://doi.org/10.7742/jksr.2021.15.1.1>
- [21] S. Y. Lee, "Estimation of Secondary Malignancies According to Radiotherapy Methods for Prostate Cancer", Department of Medicine Graduate School, Chungbuk National University Cheongju, Korea, 1-36, 2016.
- [22] K. H. Do, "The health effects of low-dose radiation exposure", *Journal of Korean Med Association*, Vol. 54, No. 12, pp. 1253-1261, 2011.  
<https://pdfs.semanticscholar.org/ce47/01ce217baf2442ea64fee155f0fac57181f.pdf>
- [23] Pena J, Franco L, Gomez F, "Monte Carlo study of Siemens PRIMUS photoneutron production", *Physics in Medicine & Biology*, Vol. 50, No. 24, pp. 5921-5933, 2005.  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9155/50/24/011>
- [24] M. N. Ha, "Radiation exposure and cancer", *Journal of Clinical Otolaryngology Head and Neck Surgery*, Vol. 22, No. 2, pp. 275-281, 2011.  
<https://doi.org/10.35420/jcohn.2011.22.2.275>
- [25] J. Y. Je, "Evaluation of Depth Dose and Surface Dose According to Treatment Room Wall Distance", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 5, No. 3, pp. 121-125, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2011.5.3.121>
- [26] S. J. Kang, "Changes in CT Number and Noise Level according to Pitch in Spiral Image Acquisition", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 14, No. 7, pp. 981-989, 2020.  
<https://doi.org/10.7742/jksr.2020.14.7.981>
- [27] K. T. Um, M. S. Lee, S. J. Kang, "The Study of Effectiveness in a Modified Rib Oblique Projection View Using s Chest Phantom", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 12, No. 4, pp. 525-532, 2018.  
<https://doi.org/10.7742/jksr.2018.12.4.525>
- [28] B. W. Lee, "A Study on the Guarantee of Learning Rights of Radiology Students in Nuclear Safety Act", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 45, No. 2, pp. 159-164, 2022.  
<https://doi.org/10.17946/JRST.2022.45.2.159>

## 명목위험계수를 활용한 방사선 피폭에 관한 연구

이주아\*, 곽종길, 전철민

광주보건대학교 방사선학과

### 요 약

본 연구에서 전립샘암의 방사선치료기법 중 세기조절 방사선 치료 시 정상장기인 복부의 광중성자 피폭으로 인하여 2차 암이 발생할 확률을 분석하고자 한다. 전립샘암 방사선 치료계획의 설계는 일일 처방선량 220 cGy, 총 치료 횟수는 35회로 7700 cGy로 수립하였다. 실험장비는 Varian사의 True Beam STx(Varian, USA) 선형가속기이다. 실험에 사용한 에너지는 15 MV로 치료 계획용 표적체적(Planning target volume; PTV)안에 광중성자 선량이 발생하도록 치료계획을 설계하였다. 방사선 치료계획은 Eclipse System (Varian Ver 10.0, USA)이며, 조사문수를 5 ~ 9개로 설정하였다. 조사각도는 0° ~ 320°에서 처방선량(prescription dose)영역에 95%가 설정되도록 설계하였으며, 각각의 조사문수당 소조사면(beamlet)은 100개로 설정하였다. 광중성자의 선량 측정을 위하여 본 연구에 사용한 광자극발광선량계는 알루미늄산화물 성분이 포함된 소자에  ${}^6\text{LiCO}_3$  를 도포하여 중성자 선량이 측정 가능하도록 설계하였다. 세기조절 방사선 치료 시 복부의 광중성자 선량으로 인하여, 1,000명 기준으로 최소 7.07 ~ 11명이 2차 암의 발생확률이 있음이 연구되었다. 본 연구에서 세기조절 방사선치료 시 발생할 수 있는 2차 피폭선량의 위험성을 연구하여, 추후 방사선의 확률적 영향과 관련된 의미 있는 자료로 활용되기를 기대한다.

중심단어: 명목위험계수, 전립샘암, 국제방사선방호위원회, 세기조절방사선치료, 광중성자

### 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자, 교신저자)	이주아	광주보건대학교 방사선학과	조교수
(공동저자)	곽종길	광주보건대학교 방사선학과	조교수
	전철민	광주보건대학교 방사선학과	조교수