

기준깊이 변화에 따른 중심전극 보정인수(P_{cel})변화

한양대학교 원자력공학과, 한양의료원 방사선종양학과, *경희대학교 의과대학 방사선종양학교실

민철희 · 김성훈 · 신동오* · 김찬형

빔선질보정인수(k_Q)의 인자 중에서 이온함 중심전극 물질의 공기 비등가성에 대한 보정인수 P_{cel} 값은 TG-51이 기준 깊이로 정한 물 깊이 10cm에 기반하지 않고 5cm에 기반한 데이터를 사용하고 있다. 본 연구의 목적은 선량계의 깊이가 5cm 에서 10cm로 변화함에 따라 광자의 에너지스펙트럼의 변화가 예상되며 이로 인한 P_{cel} 값 (그리고 이에 따른 P_{cel} 결정식)의 변화 정도를 몬테칼로 전산모사 방법을 통하여 확인하는데 있다. 확인 결과, 선량계의 깊이가 5cm에서 10cm로 변화하더라도 P_{cel} 값은 0.2% 통계오차 범위 내에서 차이가 없음을 알 수 있었다.

중심 단어: 중심전극 보정인수, BEAMnrc, CAVRZnrc

서 론

최근 선량측정의 정확성을 향상시키기 위하여 물 흡수선량에 기반한 흡수선량 측정 프로토콜 TG-51과 TRS-398이 발표되었다. TG-51 프로토콜의 경우, 사용자선질과 기준선질에 대한 보정인수로 빔선질보정인수(k_Q)를 사용하고 있다. 빔선질보정인수(k_Q)의 인자 중에서 이온함의 중심전극 물질의 공기 비등가성에 대한 보정인수인 P_{cel} 값은 TG-51이 기준깊이로 정한 물 깊이 10cm에 기반하지 않고 5cm에 기반한 자료를¹ 사용하고 있다. 하지만, 선량계의 깊이가 5cm 에서 10cm로 변화할 때 광자 에너지스펙트럼의 변화가 예상되며, 본 연구에서는 이에 따라 P_{cel} 값이 어느 정도 변하는지를 몬테칼로 전산모사 방법을 통하여 확인하였다.

재료 및 방법

BEAMnrc 코드를 사용하여 치료기용 선형가속기(모델: Varian 2100C)를 그림 1과 같이 전산모사 하였다. 4MV, 6MV, 8MV, 10MV, 그리고 18MV의 전자 가속에너지에 따라 표적물질과 평탄화거르개(Flattening filter)를 교체하며 전산모사를 수행하였다. 일반적으로 표적물질에서의 전자분포는 Gaussian 분포와 유사한 분포를 가지는 것으로 알려져 있으며, 6MV의 경우 FWHM 값이 0.12-0.14 cm, 18MV의 경우 0.09-0.16cm 정도의 분포를 갖는 것으로 알려져 있다²⁻⁴. 본 연구에서는 FWHM 값 0.13cm를 사용하여 전자의 분포를 정의하였다.

입사하는 전자의 에너지스펙트럼도 Gaussian 분포로 근사화 할 수 있는 것으로 알려져 있다. 하지만, 입자 전자의 에너지스펙트럼의 경우는 FWHM 값을 0.0% (단일에너지)에서 20.0%까지 변화시켜 보아도 깊이 선량 값은 1% 이내로 변화하는 것으로 보고 되었다⁴. 따라서, 본 연구에서는 전자의 에너지를 단일에너지로 가정하였다.

이러한 전산 모사를 통해 표적표면으로부터 100cm에 해당하는 위치에서 위상공간 파일 (Phase-space file)을 생성하였다. 위상공간 파일은 해당위치에서 모든 입자들의 에너지, 위치, 방향, 전하량 등의 정보를 가지고 있다.

TG-51은 선형가속기 빔의 선질을 X-선에 의한 10cm 깊이에서의 깊이선량 백분율(%dd(10)_x)으로 표시한다. 본 연구에서는 BEAMnrc에 의해 만들어진 위상공간 파일과 DOSXYZnrc 코드를 사용하여 %dd(10)_x 값을 계산하였다. 이때 팬텀은 30×30×30cm³ 크기의 물로 정의하였으며, 전자의 에너지는 Co-60, 4MV, 6MV, 8MV, 10MV, 그리고 18MV를 고려하였다.

마지막으로, P_{cel} 값을 구하기 위하여 CAVRZnrc 코드를 사용하여 10cm 깊이 그리고 5cm 깊이에서의 이온함 흡수선량을 계산하였다 (그림 2). 이때 사용된 이온함은 PTW사의 TN30013을 모델로 하였으며 조사면은 10×10cm²로 하였다. P_{cel} 값을

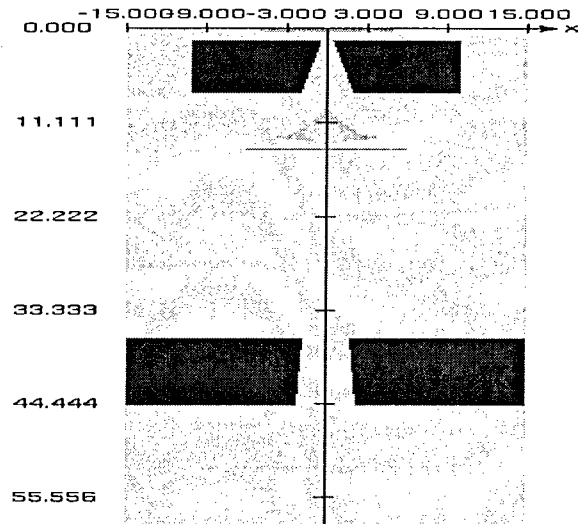


그림 1. BEAMnrc 코드를 사용한 치료용 선형가속기 전산모사

계산하기 위해 직경 1mm의 중심전극 물질을 알루미늄과 공기로 바꾸어 가며 이온함의 반응을 전산모사 하였다. 이러한 결과 값으로 공동부분에서의 중심전극이 알루미늄 일 때의 흡수선량 값과 공기일 때의 흡수선량의 비를 통해 Pcel 값을 구하였다.

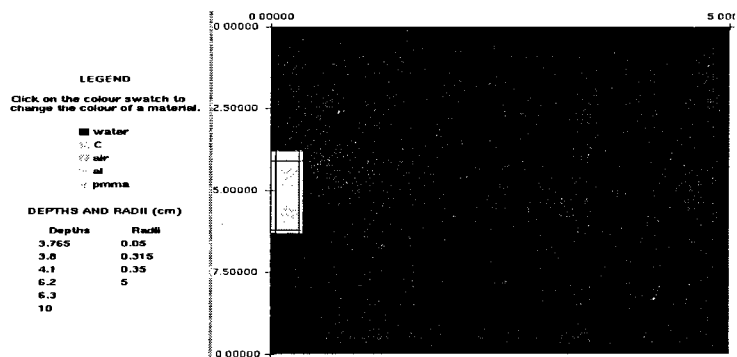


그림 2. CAVRZnrc 코드를 이용한 이온함 전산모사

결과 및 결론

각 에너지에 대하여 중심전극 물질을 알루미늄으로 가정할 때의 흡수선량 값과 공기로 가정할 경우의 흡수선량 값을 계산하였고, 최종적으로 이들의 비를 이용하여 Pcel 값을 계산하였다 (그림 3). 계산 결과에 따르면 선량계의 깊이를 5cm 에서 10cm으로 변화시키더라도 Pcel 값은 통계 오차범위 0.2% 내에서 큰 변화가 없음을 알 수 있었다. 따라서 현재 Pcel 값을 구하기 위해 제안된 5cm 깊이에서의 Pcel 결정식을 그대로 사용하더라도 Pcel 값을 0.2% 오차범위 내에서 정확하게 구할 수 있는 것으로 판단되었다.

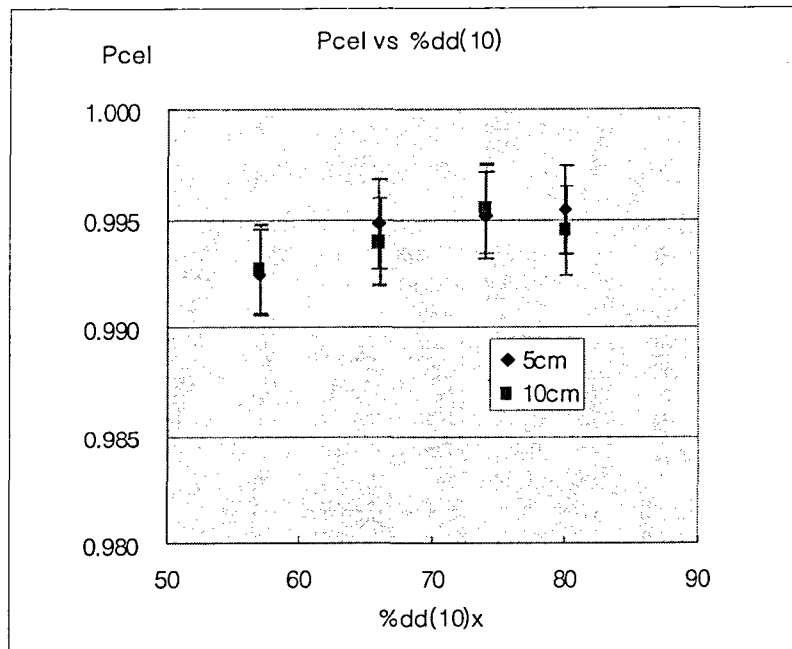


그림 3. Pcel vs. %dd(10)x

참 고 문 헌

1. Chang-ming Ma and A E Nahum, Effect of size and composition of the central electrode on the response of cylindrical ionization chambers in high-energy photon and electron beams Phys. Med. Biol. 38 (1993)267-290.
2. C. J. Karzmark, C. S. Nunan, and E. Tanabe, Medical Eletron Accelerators McGraw-Hill, New York, 1993
3. Paul J. keall, Determining the incident electron fluence for Monte Carlo-based photon treatment planning using a standard measured data set Med. Phys. 30(4), April 2003
4. Antonis Tzedakis, Influence of initial electron beam parameters on Monte Carlo calculated absorbed dose distributions for radiotherapy photon beams Medical Physics, Vol. 31, No. 4, April 2004

Monte Carlo study on the effect of reference depth change to the central electrode correction factor

Chul Hee Min, Sung Hun Kim, Dong Oh Shin*, Chan-Hyeong Kim

*Department of Nuclear Engineering Hanyang University,
Department of Radiation Oncology, Hanyang University Hospita,
College of Medicine, Kyunghee University**

The Central Electrode Correction Factor that corrects the effect due to the electrode being made of non-air material is based on the data from the depth of 5cm in water. But TG-51 protocol proposes the reference depth of 10cm in water. The purpose of this research is to check the alteration of Central Electrode Correction Factor due to the change of reference depth from 5cm to 10cm in water using Monte Carlo Computing Methods. The results showed that the change of Central Electrode Correction Factor is ignorable in the statistical errors of 2% for two different depths, 5cm and 10cm.

Key word: Central electrode correction factor, BEAMnrc, CAVRZnrc

감사의 글

본 연구는 과학기술부 원자력연구개발 중장기계획사업 연구비를 지원 받아 수행하였음.