

A Study on the Analysis of Radiation Dose for Thermoplastic Material and 3D Print Filament Materials

Dong-Yeon Lee*

Dongnam Institute of Radiological & Medical Sciences, Radiation Oncology

Received: April 15, 2021. Revised: April 28, 2021. Accepted: April 30, 2021.

ABSTRACT

This study is a prior research to manufacture a thermoplastic mask, which is a fixture used in radiation therapy, by 3D printing. It proceeded to analyze the filament material that can replace the thermoplastic. Among the commercially available filament materials, a material having similar characteristics to that of a thermoplastic mask was selected and the radiation dose was compared and analyzed. The experiment used Monte Carlo simulation. The shape in which the mask fixed the head was simulated for the ICRU sphere. The photon fluence was calculated at the skin Hp (0.07), the lens Hp (3), and the whole body Hp (10) by applying a thermoplastic plastic material and a filament material. As a result, when looking at the relative dose based on the thermoplastic plastic material, the difference was approximated within 4%. The material showing the most similar dose was PA-nylon. In selecting an appropriate filament material, it should be selected by comprehensively considering various conditions such as economical efficiency and radiation effects. It is thought that the results of this study can be used as basic data.

Keywords: 3D print, Thermoplastic, Filament, Simulation, ICRU sphere

I. INTRODUCTION

최근 의료기술이 발전하는 방향은 4차 산업과 융합된 의료 기술 개발이라고 할 수 있다^[1]. 대표적으로 개복을 최소화하는 로봇수술, 인공지능을 기반으로 하는 환자 진단 및 검사, 3D 프린팅 기술을 이용한 의료 기구 제작 등 다양한 방법으로 4차 산업을 의료 기술에 접목하고 있다^[2-4]. 그중에서도 3D 프린팅 기술은 다품종 소량생산이 가능하며 맞춤형 제작이 가능한 장점이 있으므로 의료 환경을 보다 환자 중심으로 발전시킬 수 있는 기술이다. 이에 환자 보조기구, 인체 모형 제작, 팬텀 제작, 차폐물 제작 등 다양하게 활용하고 있다^[5,6].

의료 방사선 영역 중 방사선치료 분야는 방사선을 이용하여 암을 제거하는 분야로써 가장 중요한 것은 방사선량을 정상세포에는 최소화하면서 암세

포에 선량을 극대화하는 것이다^[7]. 이를 위해 장비 및 치료법이 발전하고 있으나, 가장 기본적으로 적용되는 것은 환자 움직임을 최소화하는 것이다^[8]. 따라서 치료 시 환자 움직임을 최소화할 수 있도록 다양한 고정 용구를 사용하여 환자 자세를 제어하고 있다^[9]. 하지만, 고정용구가 가지고 있는 한계점은 환자 개개인에 따라 신체 구조가 다른 것을 적용할 수 없다는 것이다. 물론, 고정용구 종류가 다양하게 제작되기는 하지만, 개개인에 맞춤형으로 제공할 수 없다는 단점이 있다.

이에 본 연구에서는 방사선치료 시 활용하고 있는 고정용구를 3D 프린팅 기술로 제작하여 개인에 맞춤형 기구를 제공할 수 있는 연구를 진행하고자 하였으며, 3D 프린팅 기술을 이용하여 고정용구 제작에 앞서 3D 프린팅 재료로 사용되는 필라멘트 재질이 기존의 고정용구를 대체할 수 있는지 아닌

* Corresponding Author: Dong-Yeon Lee

E-mail: gymnist@dirams.re.kr

Tel: +82-51-720-5496

지에 대한 평가를 진행하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 3D 프린팅 기술

3D 프린팅 기술은 4차 산업 중에서도 산업을 주도하는 핵심 기술 중 하나로 인식되는 분야에 해당하며, 앞으로 시대가 소품종 대량생산 시대 아닌 다품종 소량생산 시대로 변화시키는 데 핵심적인 역할을 하는 기술이다^[10]. 기존의 제품 제작 시 재료를 자르거나 깎아 생산하는 절삭가공 기술을 활용했다면, 3D 프린팅 기술은 액체, 분말 형태의 재료를 적층하는 방식으로 입체를 조형하는 기술이다^[11]. 3D 프린팅 기술을 절삭가공 기술과 비교하면, 재료의 손실이 적고 절삭으로 구현할 수 없는 형태를 조형할 수 있는 장점이 있다^[12]. 3D 프린팅에서 일반적으로 사용하고 있는 출력 방식은 FDM(Fused Deposition Modeling) 방식으로 열가소성 재료에 해당하는 필라멘트를 노즐 안에서 녹여 가는 실 모양으로 압출하여 제작하는 방식이다^[13]. 출력에 재료로 사용되는 필라멘트는 다양하게 있으나, 본 연구에서는 열가소성 플라스틱 재료와 유사한 재질을 선택하였다. 재질은 총 9 가지를 선택하였으며 명칭은 Polylactic Acid(PLA), Acrylonitrile Butadiene Styrene(ABS), and Polycarbonate(PC), Polyethylene terephthalate(PETG), Thermoplastic elastomers(TPE), Thermoplastic Polyurethane(TPU), High Impact Polystyrene(HIPS), Polyamide-Nylon(PA) and Wood 이다. 이에 대한 세부적인 사항은 Table

1로 나타내었다^[14].

본 연구에서는 3D 프린팅에서 사용하는 각 필라멘트 재질에 대하여 방사선량을 평가하여 기존의 고정용구를 대체할 수 있는지 여부에 대하여 평가하고자 하였다.

2. 방사선치료 고정용구

방사선치료에서 가장 중요한 것은 정상조직 피해를 최소화하면서 암세포에 선량을 최대로 전달하는 것이다. 이에 가장 기본적으로 환자의 움직임 을 고정하여 정확한 방사선 조사가 이루어질 수 있도록 고정용구를 사용하고 있다. 고정용구 종류는 치료부위, 환자 상태, 조사 방법 등을 고려하여 사용할 수 있도록 여러 종류가 있으며, Fig. 1과 같이 대표적으로 베개, 열가역성 플라스틱 마스크, 유방암 고정용구, 팔 올림 고정용구, 진공포 등이 있다. 이 중 열가역성 플라스틱 마스크는 두경부 치료 시 필수로 사용되는 고정용구이며, 두부 움직임을 고정하는 데 효과적이다. 또한, 열가역성 소자를 사용하기 때문에 환자 개인에 맞춤형으로 제작가능하다. 하지만 단점으로 마스크가 두부 전체를 덮고 있는 형태이기 때문에 방사선치료 시 피부선량이 증가한다는 단점이 있다^[15]. 열가소성 플라스틱 마스크의 특성은 밀도 1.14 g/cm^3 , 구성하는 화학식은 $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_2)_n$ 으로 되어 있다.

이에 본 연구는 열가역성 플라스틱 소재와 필라멘트 재질에 대한 방사선량을 비교 분석하였다. 그 결과를 바탕으로 3D 프린팅에서 사용하는 필라멘트 재료가 기존의 고정용구를 대체할 수 있는지에

Table 1. The elemental compositions of the substitute materials^[14]

Material	Density (g/cm ³)	Elemental composition (percentage by mass)											
		C	N	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti
TPE	0.935	96.71	-	2.69	0.13	-	0.11	-	0.13	0.09	-	0.13	-
WOOD	1	61.48	-	7.65	-	0.26	-	0.47	-	0.15	-	-	-
PA-Nylon	1.16	69.53	13.16	17.31	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ABS	1.05	92.44	-	5.68	1.79	-	-	-	0.09	-	-	-	-
HIPS	1.045	97.88	-	1.88	0.11	-	-	-	-	0.13	-	-	-
PLA	1.25	54.76	-	44.99	-	-	-	-	0.13	-	0.12	-	-
TPU	1.1	66.63	8.98	24.13	-	-	0.06	0.10	-	-	-	0.09	-
PC	1.21	76.28	-	22.79	-	-	-	-	0.11	-	-	-	0.82
PETG	1.27	70.45	-	29.33	0.07	-	-	-	0.15	-	-	-	-

대하여 전산모사를 통해 평가하고자 하였다.

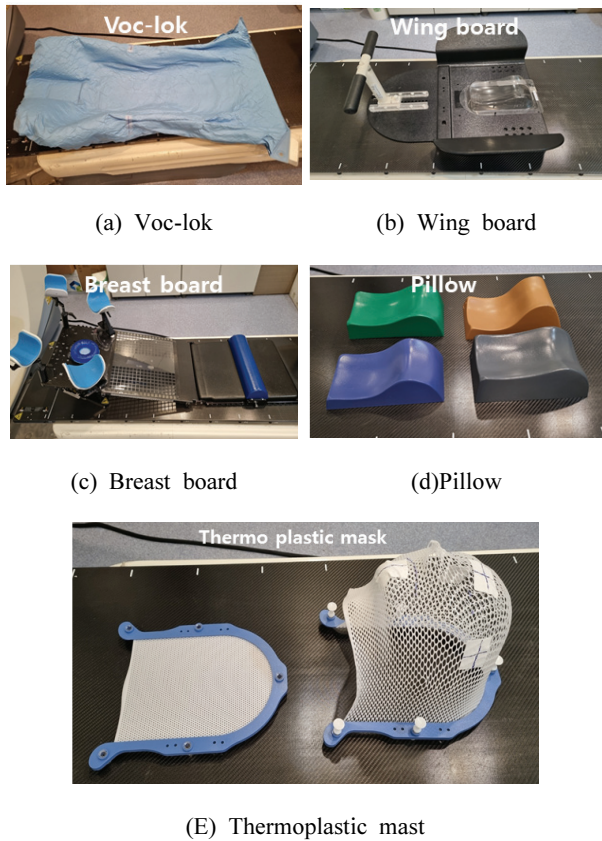


Fig. 1. Structure of Radiotherapy Immobilization.

3. 콘빔 씨티(Cone Beam Computer Tomography, CBCT)

Fig. 2는 선형가속기(Linear Accelerator, LINAC) 장비로써 방사선치료에서 가장 일반적으로 사용되는 장비이다^[16]. 현재 선형가속기는 치료 효과를 향상하기 위해 발전해오고 있으며, 대표적으로 다엽 콜리메이터(Multi-leaf collimator, MLC), 전자포털영상장치(Electronic portal Image Device, EPID), 콘빔 씨티(Cone Beam Computer Tomography, CBCT) 고 에너지 방사선 발생 등이 있다. 이 중 CBCT는 kV 영역 에너지를 사용하여 환자의 해부학적 구조를 3차원적으로 확인할 수 있게 하는 장비로써 치료 부위를 정확하게 확인할 수 있게 되었다. CT 촬영부터 영상 확인까지 짧은 시간에 진행 가능하기 때문에 매 치료 시 확인이 가능하여 치료 효과가 더욱

향상되었다^[17]. 하지만, 방사선을 이용한 촬영에 해당하기 때문에 방사선 노출에 대한 위험이 있어 정량적인 선량 평가가 필요한 부분이다.

이에 본 연구에서는 방사선 치료가 이루어지기 전 치료 부위를 확인하는 과정에 해당하는 CBCT 촬영에 대해 연구를 진행하였으며, 기존의 열가소성 플라스틱 마스크와 필라멘트 재질에 대한 전산모사를 통해 분석하였다.

4. 실험 방법

본 연구는 방사선치료 시 사용하는 고정용구에 대하여 3D 프린팅 기술을 이용해 제작하는 연구를 진행하고 있으며, 제작에 앞서 필라멘트 재질이 고정용구를 대체할 수 있을지 평가하기 위한 선행연구로써 본 연구를 진행하였다.

실험은 시뮬레이션을 통해 ICRU 구를 모사하여 방사선량 평가를 진행하였으며, 사용한 프로그램은 몬테칼로 기법을 바탕으로 하는 MCNP6(Ver. 1.0)^[18]을 이용하였다. MCNP6에서 계산한 결과값을 tally를 사용하여 에너지, 플루언스 등 다양한 방법으로 계산할 수 있다. 이에 본 연구에서는 사용자가 지정하는 면적(Surface)에 입사하는 광자 개수(Number, #)를 계산하는 tally 1번을 사용하여 계산하였으며, 실험에서 계산한 모든 결과에 대하여 충분한 반복계산(10^8 번)을 통해 결과에 대한 오차율을 1% 이내로 하여 신뢰도를 확보하였다.

방사선량은 CBCT 촬영 시 열가소성 플라스틱 마스크와 현재 상용화되어있는 필라멘트 재질을 대상으로 평가하였으며, 평가 대상은 두부가 구 형태인 것을 고려하여 ICRU 구를 이용하였다. Fig. 3과 같이 ICRU 구를 0.25 mm 두께로 감싸고 있는 형태로 모사하고 피부 Hp(0.07), 수정체 Hp(3), 전신 Hp(10)에 대한 실용량을 계산하여 비교하였다. 두부 촬영 시 두부전체가 조사야에 포함되기 때문에 방사선 감수성이 높은 수정체에 대한 선량을 포함하였다. 결과값은 해당 지점에 입사하는 광자 개수로 계산하였으며, 열가소성 플라스틱 마스크를 기준으로 상대적인 선량으로 나타내었다.

CBCT에서 발생하는 선원은 SRS-78 프로그램^[19]을 이용하여 획득하였다. 이때 광자선 발생 조건은 각 영국 Elekta사에서 제작한 CBCT를 기본적으로

설정하였다. 이에 두부 촬영 시 관전압 100 kVp를 대상으로 하였으며, 표적(Target)의 재질은 텅스텐, 두께 1 cm, 초점은 반경 0.2 mm, 각도는 14도로 설정하였고, 부가필터는 알루미늄으로 두께 2 mm로 적용하였다.

구성한다. 따라서 조사조건은 그림 3과 같이 선원과 피부사이 거리(Source to Skin distance, SSD) 100 cm으로 설정한 후, 회전 조사하도록 모사하여 선량을 계산하였다.

CBCT 촬영은 360도 회전하여 얻은 영상으로 재

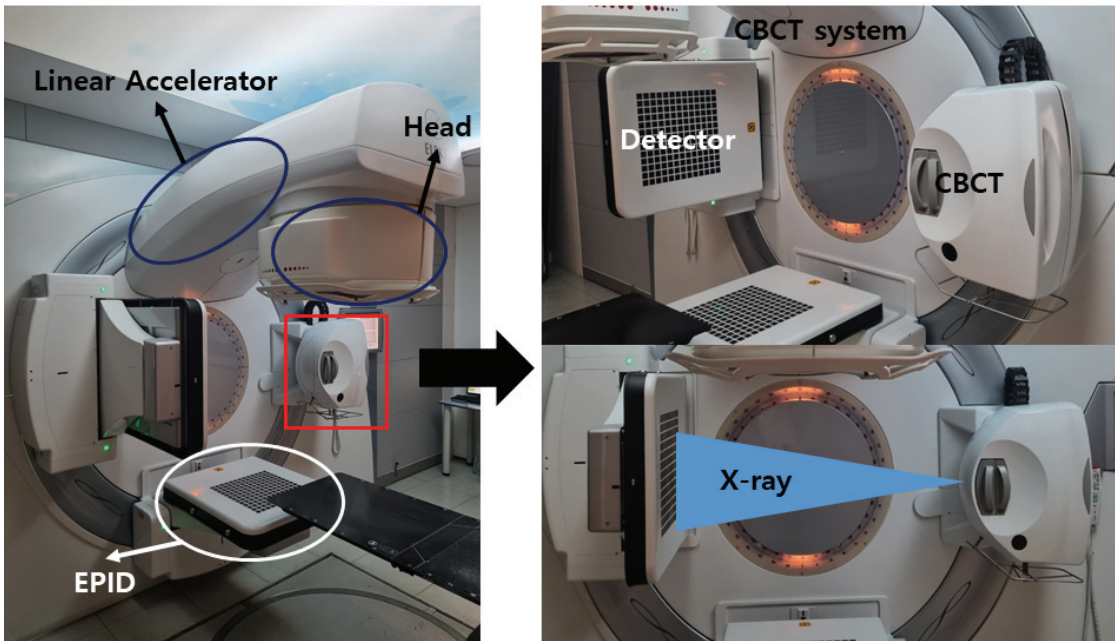


Fig. 2. Structure of Linear Accelerator.

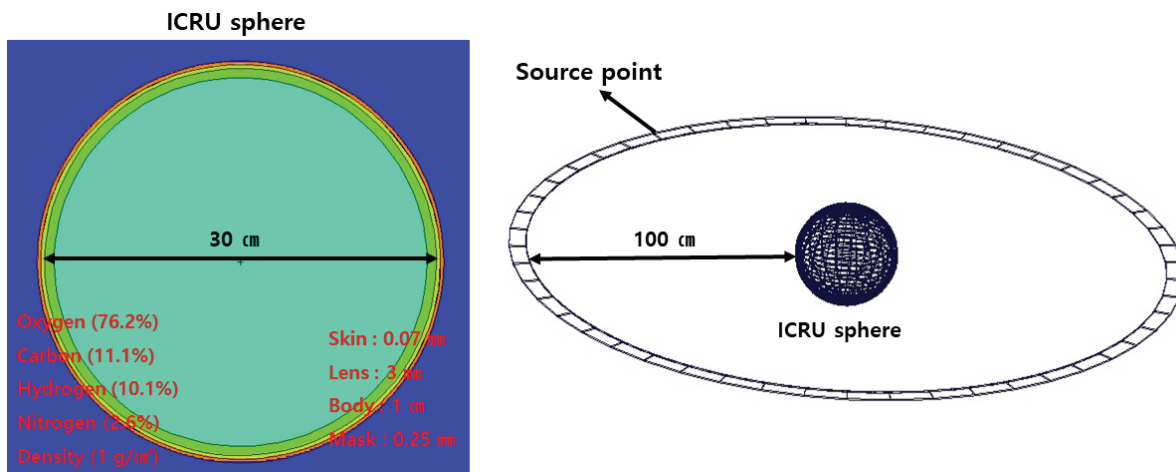


Fig. 3. Structure of ICRU Sphere and Source Position in CBCT.

III. RESULT

1. 피부 선량, Hp(0.07)

Fig. 4와 같이 Hp(0.07)에 대한 선량을 열가소성 플라스틱 마스크와 각 필라멘트 재질을 비교한 결과를 마스크를 기준으로 상대적인 값(%)으로 나타내었다.

이를 분석해보면, 범위는 96.23~100.90% 사이에서 형성되었으며, 가장 큰 차이를 보인 재질은 PC에서 약 3.8% 정도 차이를 보였다. 가장 근소한 차이를 보인 재질은 PA-nylon으로 0.01% 차이를 보였다. 마스크를 기준으로 선량이 높게 계산된 것은 ABS, HIPS, PA-nylon, TPE이며, 낮게 계산된 것은 PC, PETG, PLA, TPU, WOOD로 분석되었다.

2. 수정체 선량, Hp(3)

Fig. 5와 같이 Hp(3)에 대한 선량을 열가소성 플라스틱 마스크와 각 필라멘트 재질을 비교한 결과를 마스크를 기준으로 상대적인 값(%)으로 나타내었다.

이를 분석해보면, 범위는 96.78~100.79% 사이에서 형성되었으며, 가장 큰 차이를 보인 재질은 PC에서 약 3.3% 정도 차이를 보였다. 가장 근소한 차이를 보인 재질은 PA-nylon으로 0.03% 차이를 보였다. 마스크를 기준으로 선량이 높게 계산된 것은 ABS, HIPS, PA-nylon, TPE이며, 낮게 계산된 것은 PC, PETG, PLA, TPU, WOOD로 분석되었다.

3. 전신 선량, Hp(10)

Fig. 6과 같이 Hp(10)에 대한 선량을 열가소성 플라스틱 마스크와 각 필라멘트 재질을 비교한 결과를 마스크를 기준으로 상대적인 값(%)으로 나타내었다.

이를 분석해보면, 범위는 97.43~100.69% 사이에서 형성되었으며, 가장 큰 차이를 보인 재질은 PC에서 약 2.6% 정도 차이를 보였다. 가장 근소한 차이를 보인 재질은 PA-nylon으로 0.04% 차이를 보였다. 마스크를 기준으로 선량이 높게 계산된 것은 ABS, HIPS, PA-nylon, TPE이며, 낮게 계산된 것은 PC, PETG, PLA, TPU, WOOD로 분석되었다.

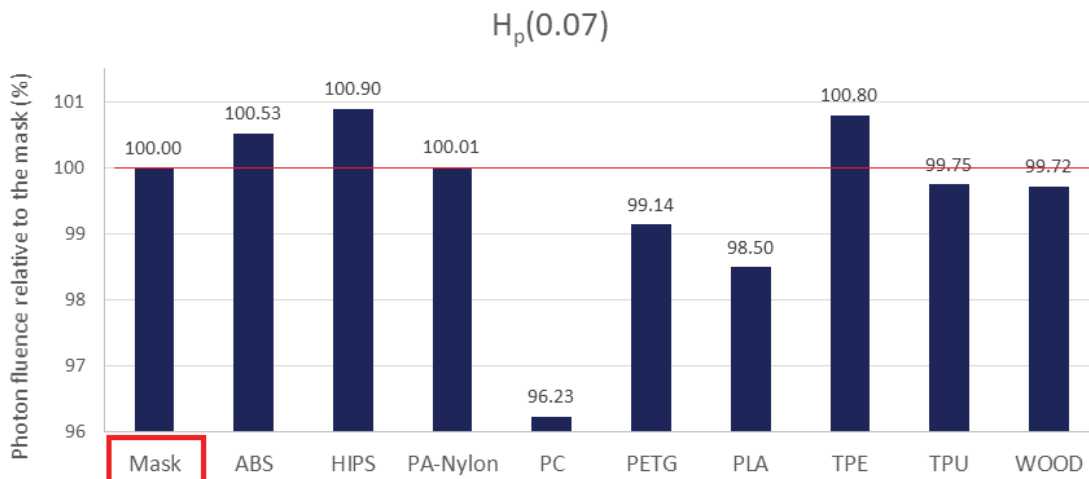


Fig. 4. Result of comparing the thermoplastic mask and each filament materials in Hp(0.07).

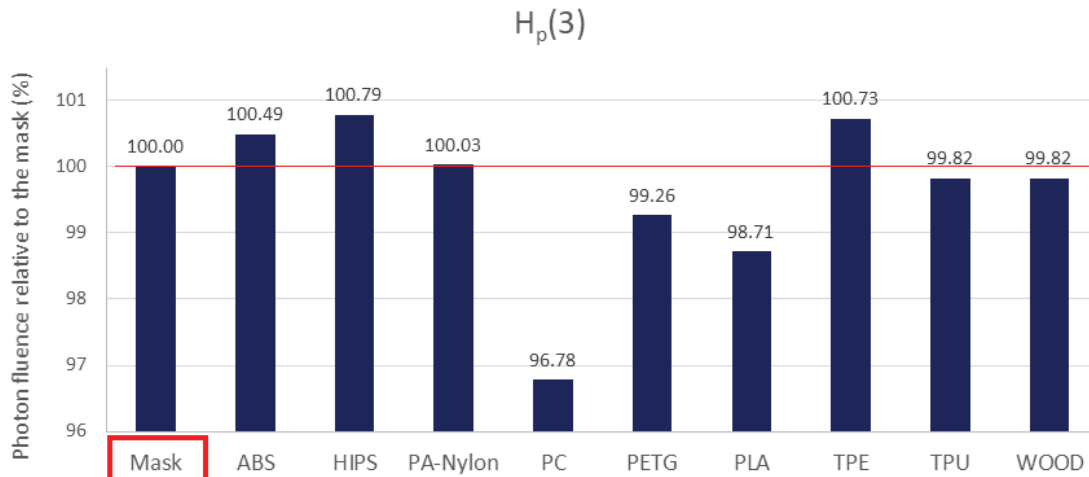


Fig. 5. Result of comparing the thermoplastic mask and each filament materials in Hp(3).

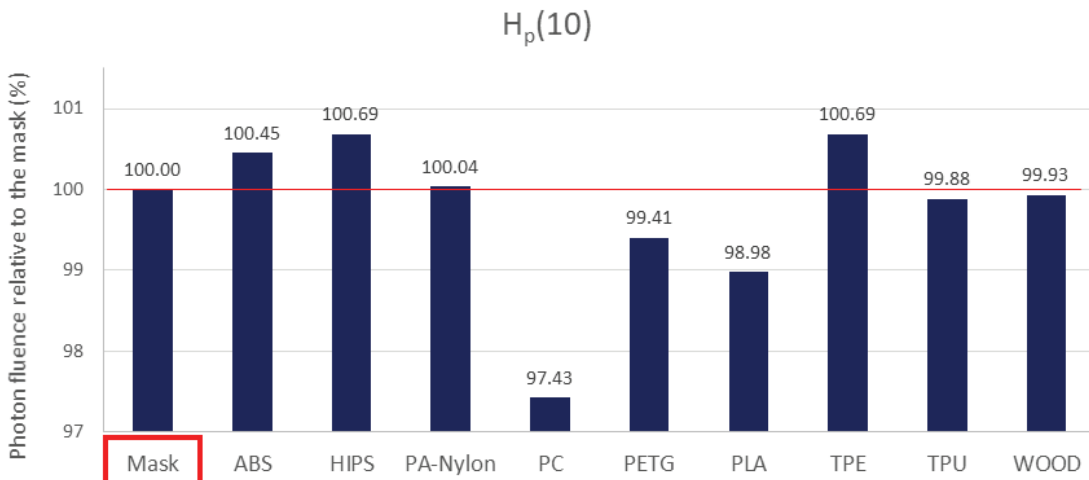


Fig. 6. Result of comparing the thermoplastic mask and each filament materials in Hp(10).

IV. DISCUSSION

본 연구는 가상의 3차원 공간에서 ICRU 구를 이용하여 선량평가를 진행하였다. 현재 방사선치료에 사용하고 있는 열가소성 플라스틱 마스크를 3D 프린팅 기술로 대체하기 위한 선행연구로써 적절한 필라멘트 재질을 선택하기 위한 비교 분석 실험을 진행하였다.

결과를 분석하기에 앞서 방사선량 전달의 근본 원인이 되는 선원은 SRS-78 프로그램을 이용하여 획득한 스펙트럼을 사용하였기 때문에 실험 결과에 대한 신뢰도 측면에서는 문제가 없을 것으로 판단된다. 또한, CBCT는 일반 CT와 달리 스캔 방식

이 나선형태가 아닌 원형으로 스캔이 진행된다. 이에 본 연구에서는 MCNP Visual program^[20]을 사용하여 Fig. 3과 같이 선원 형태를 확인하고 계산을 시행하여 결과에 대한 신뢰도를 확보하였다.

실험 결과를 분석하면, 열가소성 플라스틱 마스크를 기준으로 상대적인 선량으로 계산하여 나타내었다. 그 결과, 필라멘트 재질에 따라 최대 4% 이내에서 차이가 나는 것으로 나타났다. 또한, 열가소성 플라스틱 마스크를 기준으로 PC 재질에서 가장 적은 선량을 나타냈으며, HIPS에서 높은 수치로 계산되었다. 이와 같은 이유는 필라멘트를 구성하고 있는 밀도와 재질이 영향을 준 것으로 생각된다. 일반적으로 밀도가 높고 재질이 가지고 있는

원자번호가 높을수록 방사선 차폐능이 큰 것이 기존의 이론이다^[21]. 이에 본 연구에서는 필라멘트 재질 밀도가 대략 0.935~1.27 g/cm³ 사이로 열가소성 플라스틱 마스크 밀도 1.14 g/cm³와 유사하며, 구성 성분이 탄소와 산소 위주로 구성되어 재질이 유사하므로 선량 차이가 크지 않게 나타난 것으로 판단된다.

마지막으로 PC 재질에서 선량이 가장 낮게 계산되었으며, 열가소성 플라스틱 마스크와 차이가 가장 크게 나타났다. 또한, PA-nylon 재질은 열가소성 플라스틱 마스크와 선량 차이가 거의 없었다. 이는 PC의 경우 구성하는 원소 중 원자번호가 높은 티타늄이 포함되어 있어 타 재질보다 방사선 차폐 효과가 두드러지게 나타난 것으로 생각하고, PA-nylon의 경우 밀도가 1.16 g/cm³, 구성 원소가 탄소, 질소, 산소로 열가소성 플라스틱 마스크 재질과 유사하므로 선량에서 큰 차이가 없는 것으로 생각된다.

V. CONCLUSION

본 연구는 3D 프린팅 기술을 방사선치료에 적용하기 위한 선행연구이다. 3D 프린팅으로 만든 고정용구가 기존의 의료 장비를 대체할 수 있는 필라멘트 재질을 평가하는 데 의미를 가지고 있다.

실험 결과 기존의 사용하고 있는 열가소성 플라스틱 마스크와 가장 유사한 필라멘트 재질은 PA-nylon 재질로 평가되었다. 진단영역 에너지(kV)를 대상으로 한 본 연구를 국한한다면, 원자번호와 밀도가 높은 물질은 차폐능이 높아 영상획득에 문제가 될 것으로 생각되어 보다 낮은 원자번호와 밀도가 적절할 것으로 보인다.

하지만 본 연구에서는 진단 에너지 영역에 속하는 CBCT에 한하여 필라멘트 재질을 평가하였기 때문에 추후 치료에 사용되는 MV급 에너지에서 선량평가를 참고해야 할 것이다. 더욱이 경제성, 활용성 등 다양한 조건을 종합적으로 고려하여 재질을 선택해야 할 것으로 생각된다.

Acknowledgement

이 연구는 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 동남권원자력의학원의 지원을 받아 수행된 연구임(No.50606-2021)

Reference

- [1] S. H. Kim, "Medical IT Fusion Technology Research Trend", The magazine of the IEIE, Vol. 43, No. 2, pp. 18-24, 2016.
- [2] K. H. Rha, "The Present and Future of Robotic Surgery", Journal of the Korean Medical Association, Vol. 51, No. 1, pp. 67-73, 2008.
<http://dx.doi.org/10.5124/jkma.2008.51.1.67>
- [3] S. H. Park, K. H. Han, "Methodologic Guide for Evaluating Clinical Performance and Effect of Artificial Intelligence Technology for Medical Diagnosis and Prediction", Radiology, Vol. 286, No. 3, pp. 800-809, 2018.
<http://dx.doi.org/10.1148/radiol.2017171920>
- [4] R. J. Morrison, S. J. Hollister, M. F. Niedner, M. G. Mahani, A. H. Park, D. K. Mehta, R. G. Ohye, G. E. Green, "Mitigation of tracheobronchomalacia with 3D-printed personalized medical devices in pediatric patients", Science Translational Medicine, Vol. 7, No. 285, pp. 1-11, 2015.
<http://dx.doi.org/10.1126/scitranslmed.3010825>
- [5] W. K. Oh, "Development of 3D Printing System for Human Bone Model Manufacturing Using Medical Images", Journal of Radiological Science and Technology, Vol. 40, No. 3, pp. 433-441, 2017.
<http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2017.40.3.11>
- [6] H. G. Kim, J. H. Yoon, S. D. Choi, "Study on 3D Printer Production of Auxiliary Device for Upper Limb for Medical Imaging Test", Journal of Radiological Science and Technology, Vol. 38, No. 4, pp. 389-394, 2015.
<http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2015.38.4.08>
- [7] Y. J. Kim, J. S. Lee, S. I. Hong, H. J. Ko, "A Comparison between Three Dimensional Radiation Therapy and Intensity Modulated Radiation Therapy on Prostate Cancer", Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 7, No. 6, pp. 409-414, 2013.

- <http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2013.7.6.409>
- [8] J. M. Park, Y. K. Park, W. Cho, C. I. Park, S. W. Ha, "Development of Immobilization Devices for Patients with Pelvic Malignancies and a Feasibility Evaluation during Radiotherapy", *The Korean Society for Radiation Oncology*, Vol. 25, No. 2, pp. 134-144, 2007.
- [9] H. Y. Lee, S. M. Bae, J. S. Kim, T. Y. Kang, J. W. Kwak, "Geum Mun Back, Influence of Aquaplastic Mask Immobilization on Patient Positioning in Head & Neck Radiotherapy", *The Journal of Korean Society for Radiation Therapy*, Vol. 24, No. 2, pp. 175-181, 2012.
- [10] Y. I. Cho, *A Study on the Design Method of Radiation Shielding Devices Using 3D Printing Material*, Ph.D, Department of Radiological Science, Graduate School, Catholic University of Pusan, 2019.
- [11] M. S. Yoon, *A Study on CT image quality and dose measurement Phantom using 3D printer*, M.D, Department of Radiological Science, Graduate School, Eulji University, 2018.
- [12] Y. K. Kim, D. H. Kang, S. B. Kim, B. Y. Yoo, "The Micro Coil Production through Research on the Additive Conditions of Electrochemical Metal 3D Printer", *Journal of Korean Institute of Surface Engineering*, Vol. 53, No. 4, pp. 138-143, 2020. <http://dx.doi.org/10.5695/JKISE.2020.53.4.138>
- [13] W. K. Oh, "Customized Model Manufacturing for Patients with Pelvic Fracture using FDM 3D Printer", *Journal of the Korean Contents Association*, Vol. 14, No. 11, pp. 370-377, 2014. <http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2014.14.11.370>
- [14] Moayyad Alssabbagh, Abd Aziz Tajuddin, Mahayuddin bin Abdul Manap, Rafidah Zainon, "Evaluation of nine 3D printing materials as tissue equivalent materials in terms of mass attenuation coefficient and mass density", *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, Vol. 4, No. 9, pp. 168-173, 2017. <http://dx.doi.org/10.21833/ijaas.2017.09.024>
- [15] S. J. Jeon, C. J. Kim, D. Y. Kwon, J. S. Kim, "Feasibility study of the usefulness of SRS thermoplastic mask for head & neck cancer in tomotherapy", *The Journal of Korean Society for Radiation Therapy*, Vol. 26, No. 2, pp. 355-362, 2014.
- [16] Dong Yeon Lee, *Neutron Activation Analysis of the Medical Linear Accelerator -Maintenance, Repair and Dismantling-*, Ph.D, Department of Radiological Science, Graduate School, Catholic University of Pusan, 2017.
- [17] Y. S. Yoo, H. J. Lee, D. Y. Kim, R. Yu, "Implementation of KV Cone Beam CT for Image Guided Radiation Therapy", *The Journal of Korean Society for Radiation Therapy*, Vol. 10, No. 1, pp. 43-49, 2007.
- [18] D. B. Pelowitz, *MCNP6 User's Manual Version 1.0. LA-CP-13-00634 Rev.0*, Los Alamos National Laboratory, 2013.
- [19] K. Cranley, B. J. Gilmore, G. W. A. Fogarty, L. Desponds, *Catalogue of Diagnostic X-ray Spectra and Other Data*, The Institute of Physics and Engineering in Medicine, Report No 78, 1997. <http://dx.doi.org/10.1088/0952-4746/18/1/026>
- [20] Randolph Schwarz, Leland L. Carter, Alysia Schwarz, *MCNP/MCNPX Visual Editor Computer Code Manual for Vised Version 24E (Complied withMCNPX version 2.7)*, Radiation Safety Information Computational Center, 2011.
- [21] H. Cember, T.E. Johnson, *Introduction to Health physics*, 4th edition, Mc-Graw-Hill, Philadelphia, USA, 2006.

열가소성 플라스틱 재질과 3D 프린트 필라멘트 재질에 대한 방사선량 분석에 관한 연구

이동연*

동남권원자력의학원 방사선종양학과

요 약

본 연구는 방사선치료 시 사용하는 고정용구 인 열가소성 플라스틱 마스크를 3D 프린트로 제작하기 위한 선행 연구로써 열가소성 플라스틱을 대체할 수 있는 필라멘트 재질을 분석하고자 진행하였다. 시중에 상용화되어 있는 필라멘트 재질 중 열가소성 플라스틱 마스크와 특성이 유사한 재질을 선택하여 방사선량을 비교 분석하였다. 실험은 몬테칼로 시뮬레이션을 이용하였으며, 마스크가 두부를 고정한 형태를 ICRU 구를 대상으로 모사하고 열가소성 플라스틱 재질과 필라멘트 재질을 적용하여 피부 Hp(0.07), 수정체 Hp(3), 전신 Hp(10) 지점에서 광자 플루언스를 계산하였다. 그 결과 열가소성 플라스틱 재질을 기준으로 상대적인 선량을 보면 차이가 4% 이내로 근사한 값을 나타내었으며, 가장 유사한 선량을 보인 재질은 PA-nylon 으로 나타났다. 적절한 필라멘트 재질 선택에 있어서 경제성, 방사선 영향 등 다양한 조건을 종합적으로 고려하여 선택해야 할 것이며, 본 연구 결과를 기초적인 자료로써 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

중심단어: 3D 프린트, 열가소성 플라스틱, 필라멘트, 시뮬레이션, ICRU 구

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(단독저자)	이동연	동남권원자력의학원 방사선종양학과	시니어기사