

A Study on Dose Sensitivity according to Rice Cultivar in Extremities Radiation Therapy with Rice Bolus

Jeongmin Seo

Department of Radiological Science, Catholic University of Pusan

Received: November 17, 2020. Revised: November 27, 2020. Accepted: November 30, 2020

ABSTRACT

To investigate the radiation dose sensitivity in extremity radiation therapy depending on rice cultivar which have different size and shape of grains, plan results are compared that used rice bolus Korean and Thai rice. Phantoms that are each no bolus, Korean rice bolus, Thai rice bolus were used and prescribed 100 cGy to isocenter and checked the point dose of 12 points of interest of each phantoms. The meane dose are 103.57±1.98 cGy in Thai rice bolus using, 104.27±2.12 cGy in Korean rice bolus and 104.99±6.40 cGy in phantom without bolus. Dose distribution of Thai and Korean rice bolus differed significantly in Wilcoxon's Signed Rank test (p=.011). It has been confirmed that that the bolus using Thai rice, which has a small grain size, shows a more even dose distribution.

Keyword: Rice Bolus, Water Bolus, Soft Tissue Sarcoma, Radiation Therapy

I. INTRODUCTION

악성종양의 일종인 연부조직육종의 부위별 발생 빈도는 하지 45%, 채부 30%, 상지 15%, 두경부 9%로 사지에 대한 발생빈도가 60%를 차지하고 있다^[1]. 이와 같이 팔 및 다리와 같은 사지에 발병한 종양 병변의 치료를 위하여 방사선치료를 시행할 때는 치료범위에 균등한 방사선선량분포를 형성하기 위하여 사지의 굴곡과 두께의 변이를 고려하여야 한다^[2]. 그러나 사지의 횡단면이 원형 또는 원형과 유사한 타원형을 이루고 있으므로 고에너지 엑스선의 대향조사로는 체내의 균등한 선량분포를 형성하는 것이 어렵다. 이를 개선하기 위하여 인체조직과 유사한 밀도의 물질로 사지를 둘러싸서 직육면체 형태와 같은 단순한 기하학적 형태를 갖추도록 한 후 이 전체를 방사선조사 대상으로 보고 2D 및 3D 방사선치료를 적용한다^[2,3,4]. 이러한 치료방법에서 인체조직과 동일하게 간주하는 물질을 볼

루스(bolus, 조직등가물질)라고 하며 주로 물 또는 쌀이 사용된다^[2,3,5,6].

밀도가 인체조직과 유사한 물은 비교적 우수한 방사선선량분포를 제공하지만 그 취급이 어렵고 누수의 위험성으로 인하여 방사선치료실내에서의 취급에 큰 위험성이 따른다. 쌀의 일반적인 밀도는 1.35 g/cm³으로 물의 밀도 1.00 g/cm³ (4°C)와 유사하며^[7] 이에 취급의 위험성이 낮은 쌀을 사용하는 경우가 일반적이다^[5]. 그러나 물은 그 밀도가 균등한 반면 쌀은 낱알과 낱알 사이의 틈 사이에 공기의 존재로 인한 선량분포의 영향을 고려하여야 한다. 공기층의 존재가 적을수록 양호한 선량분포가 형성될 것이므로 치료결과는 쌀 낱알의 물리적인 형태와 크기에 의존적이라고 볼 수 있다.

이에 쌀 낱알의 형태와 크기에 따른 공기층의 차이가 주는 선량분포의 차이를 정량적으로 평가하여 쌀의 생산국(품종)에 따른 형태의 차이가 방사선량 분포의 차이에 미치는 선량민감도를 확인함

* Corresponding Author: Jeongmin Seo

E-mail: thomas8@cup.ac.kr

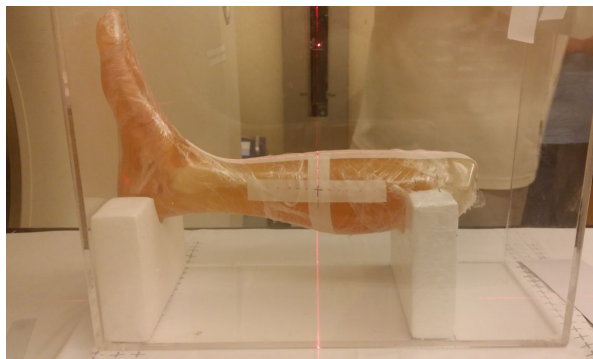
Tel: +82-51-510-0581

으로써 임상 치료방법의 개선에 반영하고자 한다.

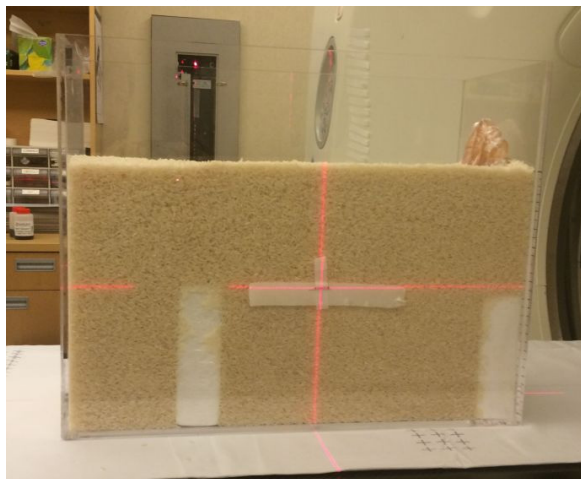
II. MATERIAL AND METHODS

1. 팬텀과 쌀 볼루스

엑스선영상검사용으로 사용하며 두부와 사지가 분리되는 전신팬텀(PBU-60, Kyoto Kagaku, Japan)에서 하지의 무릎부터 발 부분까지의 하퇴부를 분리하고 $22 \times 42 \times 51 \text{ cm}^3$ 의 아크릴(두께 10mm) 상자에 삽입하여 연구용 팬텀을 만들었다(fig. 1(a)). 상자 안에 국산 쌀 및 태국산 쌀을 각각 채워 쌀 볼루스로 적용하였다(fig. 1(b)).



(a) Phantom in the air



(b) Phantom in the rice bolus

Fig. 1. Phantom in the air (a) and in the rice bolus (b) for CT simulation.

2. CT simulation

전산화치료계획을 수립하기 위한 영상자료의 획득을 위하여 CT simulation을 시행하였으며 사용된

장비는 GE LightSpeed-RT16(GE, US)이 이용되었다.

팬텀이 든 상자에 쌀을 채우지 않은 상태, 국산 쌀을 채운 상태, 태국산 쌀을 채운 상태, 세 경우의 시리즈를 각각 스캔하였으며 스캔 조건은 120 kV, 200 mA로 600 mm 스캔범위에 절편두께 0.625 mm를 적용하여 각각 총 961개의 슬라이스 영상을 획득하였다.

3. 전산화치료계획

획득한 CT 영상에서 팬텀이 포함된 유효한 678개의 슬라이스들에 대해 CorePlan(SCNJ, ROK)을 이용하여 전산화 치료계획을 수립하였으며 선량의 비교를 위하여 각각의 CT 시리즈에서 동일한 지점 12곳에 대하여 관심점(POI; Point of Interest)를 설정하였다. 하퇴부의 중앙지점을 등중심점(isocenter)으로 설정하고 비교의 편의를 위하여 처방선량을 100 cGy로 설정하고 6MV 엑스선으로 각각 $20 \times 20 \text{ cm}^2$ 의 좌우대향2문조사 치료계획을 수립하였다(fig 2). 빔의 중심축상에서 아크릴 상자의 내부표면과 하퇴부 팬텀사이의 거리는 두 빔에서 각각 80mm, 65 mm이다.

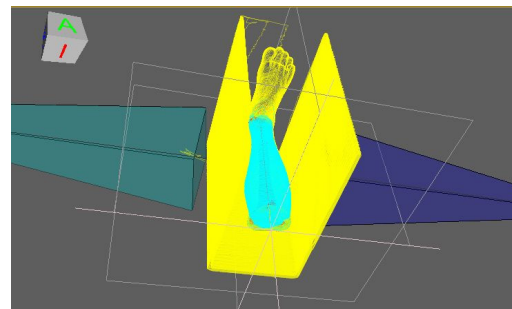


Fig. 2. 3D view of radiation planning : used opposed two beams.

4. 비교 및 분석

치료계획을 수립한 후 각 관심점의 선량을 추출하고 비교하였다. 세 개의 시리즈에 대한 선량의 차이를 비교하기 위하여 Wilcoxon's Signed Rank Test를 SPSS(25, IBM, US)를 이용하여 시행하였다.

III. RESULT

치료계획을 수행한 후 각 시리즈 세트에서 동일

한 12곳의 관심지점 선량을 확인하고 비교하였다 (fig. 3). 쌀 볼루스가 채워지지 않은 상태의 팬텀은 평균 104.99 cGy, 표준편차 6.4로 나타났으며 국산 쌀을 사용한 볼루스에서는 평균 104.27 cGy, 표준편차 2.12, 태국산 쌀을 사용한 볼루스에서는 평균 103.57 cGy, 표준편차 1.95로 나타났다(table 1). 태국산 쌀 볼루스, 국산 쌀 볼루스, 볼루스가 없는 경우 순으로 평균선량이 처방선량 100 cGy에 가깝게 나타났으며 편차가 낮았다.

Table 1. Point dose of each phantom box [cGy]

Point of Interest	Air (no bolus)	Rice bolus (Korean)	Rice bolus (Thai)
1	100.0	100.0	100.0
2	100.0	100.1	100.0
3	102.0	104.8	102.7
4	110.0	104.9	103.0
5	111.3	106.1	105.0
6	98.3	102.8	102.7
7	94.3	105.2	104.0
8	111.0	106.1	105.0
9	111.1	106.0	105.2
10	96.8	106.1	105.8
11	102.5	103.6	102.6
12	110.9	106.4	106.9
Mean	104.99	104.27	103.57
SD	6.40	2.12	1.98

데이터의 양과 특성을 고려하여 Wilcoxon's Signed Rank test를 실시하였으며(table 2) 치료계획의 모든 조건이 동일함에도 국산 쌀 볼루스와 태국산 쌀 볼루스의 선량에 유의한 차이가 나타났다 (p=0.011). 태국산 쌀을 이용한 볼루스에서 선량분포가 처방선량에 더 가까운 균등한 선량분포를 보임을 확인하였다.

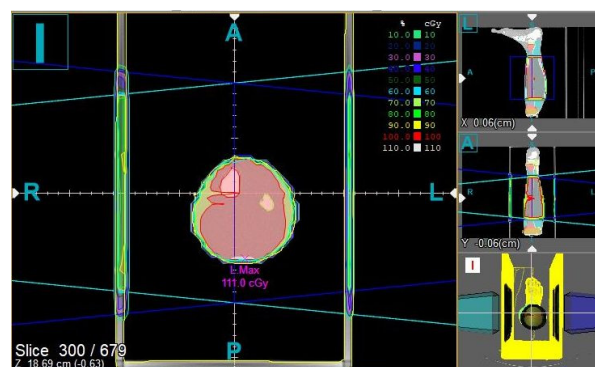
Table 2. Statistical analysis result : Wilcoxon's signed rank test

Group	P value	Z	
Air	K-rice*	0.484	-0.699
	T-rice**	0.480	-0.706
K-rice*	T-rice**	0.011	-2.566

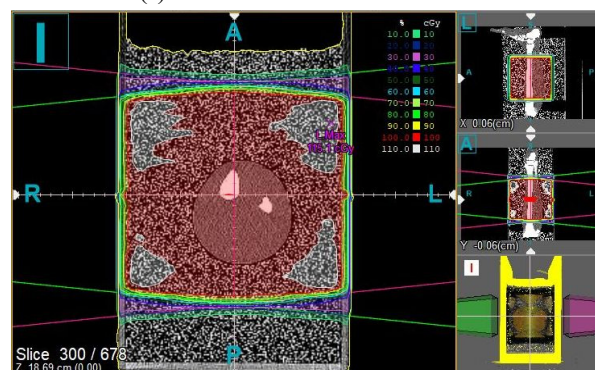
* Rice bolus with Korean rice
** Rice bolus with Thai rice

IV. DISCUSSION

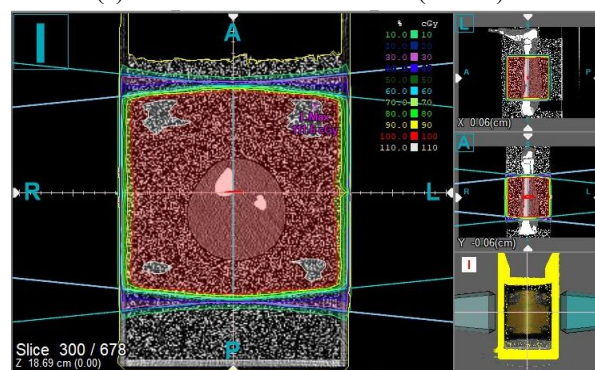
사지연부육종의 방사선치료 시 치료부위를 감쌀 균일한 물질인 볼루스로 물 또는 쌀을 이용하여 방사선조사와 선량분포형성에 용이한 기하학적 모양을 형성하는 방법이 사용된다^[2,3,5,8].



(a) Phantom without rice bolus



(b) Phantom in the rice bolus (Korean)



(c) Phantom in the rice bolus (Thai)

Fig. 3. Dose distributions on the ios-center slice of each phantom.

쌀을 이용하는 경우, 국내의 방사선치료에서는 특별한 이유 없이 일반적으로 국내에서 생산된 쌀을 사용하고 있다. 그러나 국내산 쌀보다 낱알의

크기가 얇고 작은 품종의 쌀을 이용하면 쌀 낱알 사이의 공기층의 분포가 더 작아질 것이므로 동일한 방사선치료계획에서도 유의한 방사선량분포차이가 나타남을 확인하였다. 또한 전산화치료계획의 선량 분포를 확인하였을 때 낱알의 크기가 작은 태국산 쌀을 이용한 볼루스에서 좀 더 균등한 선량분포가 나타남을 확인할 수 있다(fig. 3). 태국산 쌀은 일반적으로 낱알의 크기가 6.0 mm 이상 7.0 mm 이하의 크기가 80% 이상으로 장폭비가 3.0에 가늘고 긴 모양을 하고 있는 장립종인 반면 국내산 쌀은 낱알의 크기가 5.0 mm 정도에 장폭비가 1.9 이하의 단립종이다. 이러한 낱알의 크기가 공기층의 형성 및 팬텀 주변의 균일도에 영향을 미친 것으로 사료된다.

국내외 관련연구에서 사지의 카포시육종에 물볼루스를 적용한 연구^[3]가 있으며 열경화성 플라스틱인 아쿠아플라스트를 하지의 카포시육종 치료의 볼루스로 사용하였으나^[9] 그 제작과 재현성에 불편함이 있음을 알 수 있다. 콜로이드 젤을 표면보상체인 볼루스로 적용한 연구에서는 기포의 제거를 위한 젤 보상체 제작이 다소 불편함을 확인하였으며 오히려 쌀 볼루스에서 광자선을 적용할 때 다른 물질에 비하여 공기층의 영향이 낮음이 확인되었다^[4]. 균상식육종의 치료에서 물 볼루스를 적용한 연구에서 그 사용의 불편함이 호소되었으며^[6], 상지의 전이된 녹색종의 방사선치료에서 쌀 볼루스를 적용하여 일반 볼루스보다 선량분포의 편차가 더 낮음이 확인되었다^[5].

국제방사선단위위원회 ICRU report 50과 62에서 처방선량의 +7%, -5% 이내를 수용 가능한 선량 불균등 범위로 언급하고 있다. 따라서 방사선치료에서 선량 분포의 균일성은 $\pm 10\%$ 이내를 유지하는 것이 중요하다. 쌀이 아닌 물을 이용한 볼루스의 경우에 치료부위를 고정되기 어려운 이유로 그 위치가 변경되면 선량분포의 차이가 발생할 수 있다^[7]. 이러한 이유로 임상현장에서 쌀을 많이 사용하고 있음에도 불구하고 쌀 낱알 자체의 물리적 특성을 고려하여 방사선 선량분포의 개선을 고려한 연구는 전무하며 이에 본 연구의 결과는 임상현장에 유용한 정보를 제공할 것으로 사료된다.

V. CONCLUSION

방사선치료 임상현장에서 실제로 적용하고 있는 방법임에도 불구하고 쌀 낱알의 물리적 형태에 의한 공기층의 영향을 고려하는 연구가 전무하므로 본 연구를 통하여 방사선량분포의 개선에 대한 효과 여부를 확인한다면 임상현장의 의사 결정 및 환자에 대한 치료결과 개선 등에 영향을 미칠 수 있는 연구가 될 것으로 사료된다.

Acknowledgement

본 연구는 부산가톨릭대학교 교내학술연구비의 지원에 의해 수행되었다.

Reference

- [1] M. Beyzadeoglu., C. Ebruli, G. Ozyigit, "Basic Radiation Oncology", Springer, Verlag Berlin Heidelberg, pp. 505-517, 2010.
http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-11666-7_11
- [2] J. M. Seo, "A Study on Dose Sensitivity according to Position Variance in Extremities Radiation Therapy with Water Bolus", Journal of Korea Safe management, Vol 17, No. 4, pp. 199-206, 2015.
<http://dx.doi.org/10.12812/ksms.2015.17.4.199>
- [3] S. K. Ahn, Y. B. Kin, I. J. Lee et. al., "Evaluation of a Water-based Bolus Device for Radiotherapy to the Extremities in Kaposi's Sarcoma Patients", Radiation Oncology Journal, Vol. 26, No. 3, pp. 189-194, 2008.
<https://doi.org/10.3857/jkstro.2008.26.3.189>
- [4] H. H. Lee, C. K. Kim, K. S. Song et. al., "Evaluation of a colloid gel(Slime) as a body compensoator for radiotherapy", The journal of Korean society for radiation therapy, Vol. 30, No. 1,2, pp. 191-199, 2018.
<https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO201831262477502.page>
- [5] 전동민, 김창욱, 김병진 et. al., "상지에 전이된 녹색종(chloroma) 치료에 적용되는 쌀 보상체 고정기구의 유용성 평가", Proceedings of Conference in the Korean Association for radiation protection, Seoul, pp.20-21, 2011.

<http://www.koreascience.or.kr/article/CFKO201123552841839.pub>

- [6] H. Lee, C. M. Thomas, S. B. Mandar. G. P. Chirayu, "Water Bath Radiation for Extensive, Extremity-Based Cutaneous Disease of Mycosis Fungoides", *Journal of Advanced in Radiation Oncology*, 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.adro.2020.07.006>
- [7] G. S. Oh, K. Kim, J. H. Park et. al., "Physical Properties on Waxy Black Rice and Waxy Rice", *Journal of the Korean Society of Food Science and Technology*, Vol. 34, No. 2. pp.339-342, 2002.
<http://koreascience.or.kr/article/JAKO200203042142068.page>
- [8] S. W. Kim, C. H. Kim, M. S. Cho et. al., "Clinical implementation of a wide field electron arc technique with a scatter for widespread Kaposi's sarcoma in the distal extremities", *Scientific reports of naturesearch*, 9623, 2020.
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-66846-5>
- [9] K. M. Huang, C. H. Hsu, S. C. Jeng et. al., "The Application of Aquaplast Thermoplastic as a Bolus Material in the Radiotherapy of a Patient with Classic Kaposi's Sarcoma at the Lower Extremity", *Anticancer Research*, Vol. 26, pp.759-762, 2006.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16739350/>

사지의 방사선치료에 사용되는 쌀 볼루스의 품종에 따른 방사선량분포의 민감도 연구

서정민

부산가톨릭대학교 방사선학과

요 약

사지부위에 많이 발생하는 연부조직육종의 방사선치료에 사용하는 쌀을 이용한 볼루스의 적용에서 쌀의 품종에 따른 형태적 차이에 따라 달라지는 방사선량분포의 차이가 발생하는지를 알기 위하여 일반적인 국산 쌀과 낱알의 크기가 작은 태국산 쌀을 각각 적용한 쌀 볼루스의 선량분포 민감도를 비교하였다. 쌀 볼루스를 적용하지 않는 팬텀, 국산 쌀을 사용한 쌀 볼루스를 적용한 팬텀, 태국산 쌀을 사용한 쌀 볼루스를 적용한 팬텀에 동일한 방사선치료계획을 수립하고 동일한 지점 12곳에 대한 선량을 비교하였다. 등중심점에 대하여 100 cGy를 처방하였으며, 낱알의 크기가 작고 긴 태국산 쌀을 이용한 쌀볼루스에서 평균 103.57 ± 1.98 cGy, 국산 쌀 볼루스에서 평균 104.27 ± 2.12 cGy, 볼루스가 없는 팬텀에서 104.99 ± 6.40 cGy의 선량분포를 보였다. Wilcoxon's Signed Rank test에서 태국산 쌀 볼루스와 국산 쌀 볼루스의 선량분포가 유의한 차이를 보였다($p=0.011$). 낱알의 크기가 작고 긴 태국산 쌀을 이용한 볼루스에서 더 균등한 선량분포를 보임을 확인하였으며 임상에서 이를 고려하면 더 양질의 의료서비스를 제공할 수 있을 것이다.

중심단어: 쌀 볼루스, 물 볼루스, 연부육종, 방사선치료

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(단독저자)	서정민	부산가톨릭대학교 방사선학과	교수