

Effects of X-ray Irradiation on the Survival Rate and Weight of the Rhinoceros Beetle Larvae

Won-Jeong Lee,¹ Dong-Hwan Lim,¹ Jeong-Soon Park,¹ Yeung-Eun Sim,¹ Yoo-Jin Jeong,¹ Jeong Ho Kim,² Se Jong Yoo^{1,*}

¹Department of Radiological Technology, Daejeon Health Institute of Technology

²Department of Radiation Oncology, Konyang University Hospital

Received: April 26, 2020. Revised: June 29, 2020. Accepted: June 30, 2020

ABSTRACT

The Purpose of this study was to examine the survival rate and weight of rhinoceros beetle larvae by irradiating X-rays which are most commonly used in diagnosing and treating for diseases. Subjects and Methods: In early April 2019, the rhinoceros beetle larvae 41 were classified into two groups as control group (11 larvae) and irradiated group (10 Gy, 20 Gy, 30 Gy, each 10 larvae). The irradiated group was exposed by 6 MV X-ray using linear accelerators (Clinac IS, VERIAN, USA) at the University Hospital in Daejeon (Source-surface distance 96 cm, field size 18 × 10 cm, dose rate 600 MU/min), after environmental adaptation for 3 days (temperature 20.6°C, humidity 64.3%). The survival rate and weight were measured weekly after irradiating X-ray. All statistical analyses were performed using the SPSS ver. 22.0 (Chicago, IL, USA). The weight was analysed by Independent T-test, by cross-sectional analysis for survival rates between control and X-ray irradiated groups. Also, the correlation between dose and weight was analyzed by Spearman test. In 3-week after irradiating X-ray, weight was significant difference between control group and irradiated group (10 Gy or 20 Gy, $p < 0.05$; and 30 Gy, $p < 0.01$) with increasing weight in all experimental groups. In 14-week, weight was increased in the control group, but decreased in irradiated group. weight was significant difference between control group and irradiated group. The survival rate in 3-week was decreased rapidly in all experimental group except 10 Gy, to 4-week in irradiated group. The control group had no change in survival rate 54.5% from 3-week to 14-week. From the 3-week, it showed lower survival rate with increasing radiation dose in irradiated group. In 19-week, survival rate of control group and 10 Gy was 45.4% and 30.0% respectively, all died in 20 Gy and 30 Gy. Weight was significantly negative correlated with radiation dose as longer time after irradiating X-ray. The weight and survival rate of rhino beetle larvae is affected by irradiating X-rays, weight and survival rate decreased more in higher dose.

Keywords: Rhinoceros beetle larvae, X-rays, Survival rate, Weight.

I. INTRODUCTION

방사선의 발견 후, 의학에서 질병의 진단 및 치료에 유용하게 사용되면서 방사선의 사용은 증가되었고 의료에서 방사선 노출 또한 증가하였다.^[1]

방사선 노출로 인한 암 등의 질병 예방을 위해

2003년 국제방사선방호위원회(ICRP, International Commission on Radiological Protection)는 환자 선량 관리에 대한 지침을 발표하였다.^[2]

방사선이 인체 내 세포 및 분자, 장기, 외형에 미치는 영향은 체르노빌이나^[3,4] 후쿠시마 원전 사고^[5,6] 등의 역학조사에 의한 자료나 곤충 및 어류, 쥐 등의 실험^[7-11]을 통해 연구가 이루어져 왔다.

* Corresponding Author: Se Jong Yoo

E-mail: ysj@hit.ac.kr

Tel: +82-42-670-9173

방사선이 동물 및 식물에 미치는 생물학적 영향들은 개체나 종, 선량에 따라 다양한 영향이 나타났고, 인체에 미치는 영향은 식물 보다 동물연구의 결과로 간접적으로 유추할 수 있었다.

최근 들어, 생명 윤리가 강화되면서 실험동물에 대한 윤리성 및 신뢰성을 높이고자 동물보호법의 재개정이 이루어졌고^[12], 실험동물 보호에 대한 정의는 고통을 느낄 수 있는 신경 체계가 발달한 척추동물로서 포유류 및 조류, 파충류, 양서류, 어류로 규정함으로써, 곤충은 실험동물에 해당되지 않아 동물보호법의 저축을 받지 않는다.

곤충에 대한 방사선의 영향 연구에서 감마선은 무당벌레의 생존과 발육, 유전에 영향을 미치는 것으로 나타났고^[10], 지중해밀가루나방에 감마선을 조사했을 때도 발육과 생존율에 영향을 미치는 것으로 나타났다.^[9]

곤충은 고단백 저칼로리로 영양적 가치가 우수하고 좁은 공간에서도 다단식 사육으로 토지 이용 효율이 가축에 비해 높아서 최근에는 귀뚜라미, 풀무치, 갈색거저리 등 식용 곤충에 대한 관심이 커지고 있다. 이런 가운데 장수풍뎡이 유충을 미래의 대체 식량으로 사용하기 위한 연구가 이루어지고 있지만,^[13-15] 방사선의 위해성에 대한 연구결과는 국내외적으로 보고된 바 없다.

방사선은 종류에 따라 인체에 미치는 생물학적 영향이 다르고, 인체의 방사선 피폭은 대부분 질병의 진단 및 치료에서 발생하기 때문에 의료기관에서 가장 많이 이용되는 X선 조사에 대한 연구가 필요하지만 이전에 이루어진 곤충에 대한 연구는 주로 감마선을 이용하였다.

따라서, 본 연구에서는 질병의 진단 및 치료에 가장 많이 사용되는 X선을 노출시켜 장수풍뎡이 유충의 생존율과 체중의 변화를 알아보려고 하였다.

II. MATERIALS AND METHODS

1. 대상

2019년 4월 장수풍뎡이 유충 1령 41마리를 대전광역시 00하우스에서 구입하였다. 새로운 환경에

대한 적응을 위해 3일간 온도 20.6 °C, 습도 64.3% 발효 톱밥 속에서 사육한 후 대조군 11마리와 X선 조사군(10 Gy군 10마리, 20 Gy군 10마리, 30 Gy군 10마리)으로 분류하였다. 중량계를 이용(AN-60A, Korea, 1987)하여 체중을 측정 한 후 군 간에 유의한 차이 없이 분류(대조군 2.2g, 10 Gy군 1.86g, 20 Gy군 2.01g, 30 Gy군 2.1g)하였다(Fig 1). X선 조사 후 일주일 간격으로 체중은 14주차까지 측정하였고, 생존율은 19주차까지 확인하였다.

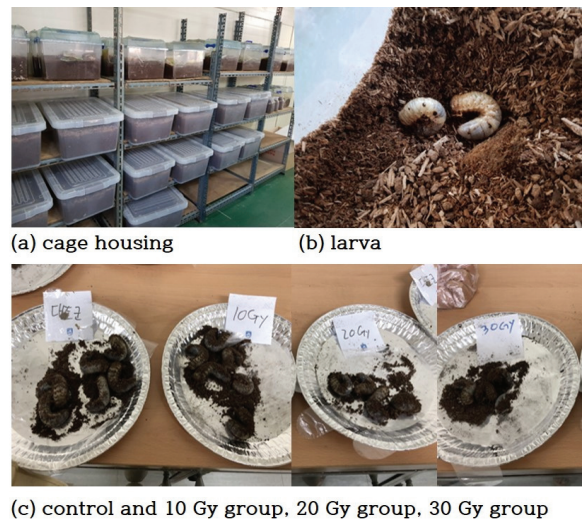


Fig. 1. Environment and groups on rhinoceros beetle larvae.

2. X선 조사

대조군을 제외한 X선 조사군에 대해 각 군별로 대전광역시 소재 대학병원 방사선종양학과 선형가속기(Clinac IS, VERIAN, USA, 2011)를 이용하여 조사하였다. 조사는 6 MV X-ray, Source-surface distance 96 cm, field size 18 × 10 cm, dose rate 600 MU/min 조건에서 실시하였다.

3. 통계분석

모든 통계분석은 SPSS ver 22.0(Chicago, IL, USA)을 사용하여 체중은 평균과 표준편차로 나타내어 대조군과 X선 조사군 간에 독립 표본 T-검정(Independent t-test)을 실시하였고, 군 간의 생존율은 교차분석으로 비교하였다. 또한, 선량과 체중은 비모수 상관분석(Spearman test)을 하였다.

III. RESULTS

1. 실험군에 따른 체중의 변화 비교

X선 조사 후 실험군에 따른 체중 변화를 주차별로 측정된 결과를 Table 1에 나타내었고, 대조군과 비교하여 통계학적인 분석을 실시하였다. 조사 전 (0 주차) 군 간에 체중은 유의한 차이가 없었고, 조사 후 1 주차에서 체중은 대조군과 10 Gy군, 20 Gy군은 증가했지만 30 Gy군은 감소하여 대조군과 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 조사 후 2주차에서는 대조군의 체중이 오히려 감소하였지만, 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 조사 후 3주차에서는 모군 군이 체중이 증가하였고, 대조군에 대해 10 Gy군과 20 Gy군은 통계적으로 유의한 차이를 보였고(p < 0.05), 특히 30 Gy군과는 더 큰 차이를 보였다(p < 0.01). 조사 후 4주차와 6주차에서도 모든 군이 체중 증가를 보였고, 대조군에 대해 30 Gy군이 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p < 0.05). 조사 후 11주차에서는 대조군에 대해 20 Gy군과 30 Gy군에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p < 0.05). 조사 후 13주차에서는 모든 군이 체중 감소를 보였고, 대조군에 대해 20 Gy군(p < 0.01)과 30 Gy군(p < 0.05)에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 조사 후 14주차에서 체중은 대조군은 증가를 보였지만 조사군은 감소를 보였고, 대조군에 대해 10 Gy군과 30 Gy 군(p < 0.05), 20 Gy군(p < 0.01) 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

Table 1. Weighting change of rhinoceros beetle larvae after irradiation

Group	Duration after irradiation (week) unit: gram								
	0	1	2	3	4	6	11	13	14
Control (n=11)	2.2	2.7 (0.8)	2.5 (1.7)	4.9 (1.2)	5.7 (1.4)	6.8 (1.7)	9.8 (1.9)	9.6 (2.0)	9.7 (1.8)
10 Gy (n=10)	1.9	2.3 (1.0)	2.9 (0.8)	3.2 (1.5)*	4.4 (1.6)	5.4 (2.0)	8.2 (1.1)	7.6 (1.4)	7.4 (1.4)*
20 Gy (n=10)	2.0	2.3 (0.5)	2.3 (0.7)	3.0 (0.8)*	4.1 (0.5)	5.2 (0.4)	7.6 (0.8)*	6.1 (0.8)**	5.2 (0.6)**
30 Gy (n=10)	2.1	2.0 (0.4)*	2.1 (0.5)	2.5 (0.7)**	3.6 (1.2)*	4.5 (0.4)*	6.2 (1.0)*	6.0 (1.3)*	5.9 (1.3)*

Data are expressed as mean with standard deviation and unit gram. * p-value < 0.05, ** p-value < 0.01 compared with control group.

2. 실험군에 따른 생존율의 변화 비교

X선 조사 후 실험군에 따른 생존율 변화를 주차별로 Fig 2에 나타내었다(통계분석 결과 개체수가 적어 의미있는 값을 보이지 않음). 조사 후 1주차에는 모든 그룹에서 100% 생존율을 보였으며, 2주차에는 생존율의 변화를 보이기 시작하여 30 Gy군을 제외하고 생존율이 10~20% 감소하였다. 조사 후 3주차에는 10 Gy군을 제외한 모든 군에서 급격한 생존율 감소를 보였고, 조사군에서 4주차 까지 급격한 생존율 감소를 보였다. 대조군은 3주차부터 14주차 까지 생존율의 변화(54.5%)가 없었다. 조사 후 3주차부터 조사군에서 선량이 높을수록 낮은 생존율을 보였다. 조사 후 19주차에는 대조군 45.4%, 10 Gy군 30.0%의 생존율을 보였고, 20 Gy군과 30 Gy군에서는 모두 사망하였다.

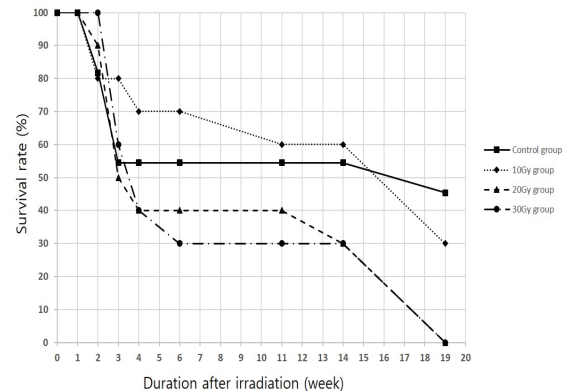


Fig. 2. Survival rate of rhinoceros beetle larvae after irradiation. Survival rate was not significant difference by statistical analysis.

3. 노출 선량과 체중 감소의 상관관계

조사 후 3주차와 6주차, 14주차에서 선량과 체중의 상관성을 Fig 3에 나타내었다. 조사 후 시간이 길어 질수록 선량과 체중은 높은 음의 상관성을 보였다.

3주차에서는 평균 체중이 대조군 4.87, 10 Gy 군 3.23, 20 Gy군 3.02, 30 Gy군 2.46이었고(r=-0.599, p=0.002), 6주차에서는 평균 체중이 대조군 6.79, 10 Gy군 5.36, 20 Gy군 5.15, 30 Gy군 4.52 이었다(r=-0.626, p=0.003).

또한, 14주차에서는 평균 체중이 대조군 9.72, 10 Gy군 7.39, 20 Gy군 5.15, 30 Gy군 5.93 이었다(r=-0.820, p=0.001).

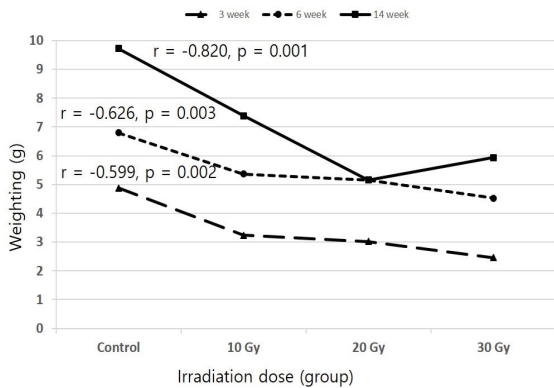


Fig. 3. Relationship of irradiation dose and weighting. Irradiation dose was significantly correlated with weighting at 3 week and 6 week, 14 week ($p < 0.01$).

IV. DISCUSSION

방사선이 동·식물에 미치는 영향은 체르노빌이나 후쿠시마 원전 사고로 인한 역학조사와 실험을 통해 이미 알려져 있다. 하지만, 방사선 종류 및 선량, 개체나 종에 따라 나타나는 결과는 다르기 때문에 아직도 다양한 실험동물을 통한 연구가 필요하다. 이에 저자 등은 최초로 장수풍뎅이 유충에 X선을 조사한 후 시간 경과에 따른 생존율과 체중의 변화를 관찰하여 의미 있는 결과를 얻었다.

감마선이 조사된 국내 야생 등줄쥐(Korean Dark-Striped Field Mice) 장기 무게 및 비장 세포 고사 연구^[11]에서 감마선 0~2 Gy 조사 후 24시간에서 0.5 Gy 이상일 때 장기마다 선량에 따른 무게 변화 다르게 나타났고, 심장 등 다른 장기는 대조군과 차이가 없었지만 흉선의 무게는 50% 감소하였다. 비장 세포고사는 선량에 비례하여 증가했지만 0.5 Gy의 저선량에서는 오히려 대조군에 비해 낮게 나타났는데^[11], 저자 등^[8]이 과거에 연구한 암컷 흰쥐의 난소에 2 cGy의 저선량 X선 조사군이 대조군 보다 정상난포의 비율이 높게 나타난 결과와 유사한데 이는 저선량에서 방사선 적응 반응(adaptive response)인 호르메시스(hormesis) 효과로 여겨진다.

또한, 감마선을 무당벌레의 생존과 발육에 미치는 영향에 대한 연구^[10]에서 일정량의 감마선에 노출된 유충과 번데기는 정상 개체에 비해 발육이 늦었고, 발육단계에 따른 영향에서 무당벌레는 유충

이 알보다 방사선 감수성이 높은 것으로 나타났다. 우리 연구에서는 장수풍뎅이 유충을 대상으로만 실시하였기 때문에 발육단계에 따른 X선 영향은 추후 연구가 필요하다.

지중해밀가루나방에 감마선을 조사했을 때에도 자손 세대 발육에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.^[9] 본 연구에서는 조사 후 2주차까지는 대조군과 조사군 간에 통계학적인 유의한 차이를 보이지 않아 X선이 체중에 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다. 조사 후 3주차에 대조군에 비해 모든 조사군의 체중이 유의하게 낮게 나타남으로써 X선이 체중에 대한 영향은 3주차부터 미친 것으로 판단되고, 4주차부터 측정 주차가 길어질수록 대조군과 조사군 간에는 체중 차이가 더 큰 유의한 차이를 보였다. 마지막 측정 14주차에서는 대조군에 대해 모든 조사군이 통계학적으로 유의한 낮은 체중을 보였다. 대조군의 체중은 1주차부터 14주차까지 지속적인 증가를 보였는데, 모든 조사군은 1주차 이후 체중 증가를 보이다가 11주차부터는 감소하였다.

또한, 본 연구에서 선량이 높아질수록 체중은 낮아지는 음의 상관성을 보였고, 조사 후 기간이 길어질수록 상관성은 더 크게 나타났는데, 2 Gy X선을 조사한 흰쥐 태아 선천성 기형 연구에서 태아 체중이 대조군에 비해 조사군에서 현저히 감소한 결과^[7]와 같은 경향을 보였다. 따라서, 이전의 연구 결과와 본 연구결과를 종합해 보면 방사선은 발육에 영향을 미쳐 체중 감소로 이어짐을 확인할 수 있다.

본 연구결과 생존율이 조사 후 1주차에 모든 그룹에서 100% 생존율이 나타난 것은 X선 노출 초기이기 때문에 생존율에 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다. 2주차부터 생존율의 변화를 보이기 시작하여 조사군에서 4주차 까지 급격한 생존율 감소를 보인 것은 새로운 환경 적응으로 인한 사망에 X선이 사망을 촉진시킨 복합적인 영향에 의한 결과로 여겨진다. 대조군의 생존율이 1주차 이후 3주차까지 급격한 하락을 보인 것은 새로운 환경변화 적응에서 비롯된 결과이고, 3주차부터는 새로운 환경에 적응했기 때문에 14주차까지 생존율의 변화(54.5%)

가 없었던 것으로 여겨진다. 조사 후 3주차부터 조사군에서 선량이 높은군 일수록 낮은 생존율을 보였고 19주차에는 10 Gy군 30.0%, 20 Gy군과 30 Gy군에서는 모두 사망하였다. 이는 선량이 생존율에 영향을 미쳤음을 의미한다.

감마선이 조사된 무당벌레 알의 생존율은 50 Gy 이상 선량에서는 부화하지 못하였으며, 1령과 3령 유충은 40 Gy 이상에서 대부분 사망하였고, 번데기와 성충도 70 Gy 이상에서 조금씩 영향을 받기 시작하여 유약할수록 방사선감수성이 높은 결과를 보였다.^[10] 또한, 지중해가루명나방에 감마선을 조사한 연구 결과에서도 선량이 증가할수록 사망률도 증가하였다.^[9] 우리 연구에서도 10 ~ 30 Gy 조사했을 때 선량이 높아질수록 생존율이 낮았고, 조사 후 19주차에 20 Gy군과 30 Gy군은 모두 사망하였다. 그러나 비교적 낮은 2 Gy X선을 흰쥐 태아에 조사한 연구에서는 대조군의 태아 생존율이 조사군 보다 높았지만 유의한 차이가 없는 결과를 보였다.^[7]

외관 변화의 경우, 무당벌레 번데기에 감마선을 노출시킨 후 성충으로 우화했을 때 앞날개 색상 패턴의 뚜렷한 변화가 관찰되지 않았다.^[10] 우리 연구에서는 조사 후 19주차 유충 단계에 사망해서 성충에서의 외관상 변화를 확인할 수 없었지만, 유충 단계에서 외관상 대조군과 조사군 간에 차이가 관찰되지 않았다. 향후, 방사선에 의한 장수풍뎅이의 외관상 변화를 알아보기 위해서는 선량을 낮추거나 장수풍뎅이 번데기 단계에서 X선 노출을 통한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구는 다음과 같은 의미와 제한점을 갖고 있었다. 첫째, 장수풍뎅이 유충에 X선을 조사하여 생존율과 체중 변화에 대한 최초 연구이기 때문에 다른 동물이나 곤충 연구 결과와 비교할 수 밖에 없었다. 둘째, 장수풍뎅이 유충에 X선 조사 후 19주차에 조사군이 모두 죽어 성충으로 성장하지 못해 외부 형태학적인 변화를 관찰할 수 없었다. 향후, 외부 형태학적인 변화를 관찰하기 위해서는 선량을 낮추거나 번데기 단계에서 X선을 조사할 필요가 있다. 셋째, 장수풍뎅이 유충 생존율이 실험군 간에 차이를 보였으나 통계학적인 의미를 부여할

수 없었다. 향후 개체 수를 증가시킨 추가적인 연구를 수행하면 의미 있는 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

V. CONCLUSION

본 연구결과에서 X선은 장수풍뎅이 유충의 체중과 생존율에 영향을 미치고, 선량이 높을수록 체중과 생존율이 감소하는 것을 최초로 확인하였다. 따라서, 본 연구결과는 앞으로 장수풍뎅이 방사선 연구의 기초자료로 사용될 수 있고, X선이 체중과 생존율에 미치는 메커니즘을 밝힐 수 있는 연구가 필요하다.

References

- [1] C. M. Rumack, "2010 ACR presidential address, patient-focused radiology: Taking charge of radiation dose", *Journal of The American College Of Radiology*, Vol. 7, No. 1, pp. 837-844, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacr.2010.07.003>
- [2] International Commission on Radiological Protection., "Managing patient dose in digital radiology", ICRP publication, Vol. 93, 2003.
- [3] S. A. Geras'kin, S. V. Fesenko, R. M. Alexakhin, "Effects of non-human species irradiation after the Chernobyl NPP accident", *Environ International*, Vol. 34, No. 6, pp. 880-897, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2007.12.012>
- [4] V. G. Bebesko, K. M. Bruslova, N. M. Tsvietkova, L. O. Lyashenko, T. I. Pushkareva, L. O. Honchar, A. S. Sergeeva, M. Yatsemyrskii, Y. M. Samson, I. V. Trihlib, O. I. Makovey, "Effect of someunfavorable factors of environment on the survival of children with acute leukemia in a long term period after accident on the chornobyl NPP", *Problemy radiatsiinoi medytyny ta radiobiologii*, Vol. 23, No. 1, pp. 254-262, 2018. <http://dx.doi.org/10.33145/2304-8336-2018-23-254-262>
- [5] S. Akiba, "Epidemiological studies of Fukushima residents exposed to ionising radiation from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant prefecture--a preliminary review of current plans", *Journal of Radiological Protection*, Vol. 32, No. 1, pp. 1-10, 2012. <http://dx.doi.org/10.1088/0952-4746/32/1/1>

- [6] A. Hiyama, C. Nohara, S. Kinjo, W. Taira, S. Gima, A. Tanahara, J. M. Otaki, "The biological impacts of the Fukushima nuclear accident on the pale grass blue butterfly", *Scientific Reports*, Vol. 2, No. 1, pp. 1-10, 2012. <http://dx.doi.org/10.1038/srep00570>
- [7] W. J. Lee, S. R. Han, O. Jeong, S. I. Kim, M. J. Cho, W. S. Kim, "Radiation-induced Congenital Anomalies in the Rat Fetuses", *Korean Journal of Physical Anthropology*, Vol. 14, No. 2, pp. 159-168, 2001. <http://dx.doi.org/10.11637/kjpa.2001.14.2.159>
- [8] W. J. Lee, S. K. Son, M. A. Lee, Y. S. Yang, W. S. Kim, "Low-dose Radiation-induced Hormetic Effect in the Rat Ovarian Follicle", *Korean Journal of Physical Anthropology*, Vol. 20, No. 3, pp. 201-211, 2007. <http://dx.doi.org/10.11637/kjpa.2007.20.3.201>
- [9] A. Ayvaz, S. Albayrak, A. Tunçbilek, "Inherited sterility in Mediterranean flour moth *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae): Effect of gamma radiation on insect fecundity, fertility and developmental period", *Journal of Stored Products Research*, Vol. 43, No. 3, pp. 234-239, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2006.06.003>
- [10] M. J. Seo, H. J. Lee, E. J. Kang, S. Y. Kang, Y. M. Yu, Y. N. Youn, "Effects of Gamma Irradiation on the Survival and Development of the Multicolored Asian Ladybird Beetle, *Harmonia axyridis* (Coccinellidae, Coleoptera)", *Korean Journal of Applied Entomology*, Vol. 50, No. 4, pp. 335-342, 2011. <http://dx.doi.org/10.5656/KSAE.2011.10.0.60>
- [11] H. J. Joo, H. Choi, K. H. Yang, D. K. Keum, H. S. Kim, "Organ Weights and Splenocytic Apoptosis in γ -irradiated Korean Dark-Striped Field Mice, *Apodemus Agrarius Coreae*", *Journal of Radiation Protection and Research*, Vol. 40, No. 3, pp. 168-173, 2015. <http://dx.doi.org/10.14407/jrp.2015.40.3.168>
- [12] <http://www.law.go.kr/LSW/lsLinkProc.do?lsNm=%EB%8F%99%EB%AC%BC%EB%B3%B4%ED%98%B8%EB%B2%95&chrClsCd=010202&mode=20&ancYnChk=0#>
- [13] H. W. Jang, S. Y. Choi, H. S. Choi, S. Y. Park, S. T. Jeong, S. H. Yeo, B. R. Park, "Quality Characteristics of Oil and Defatted Powder from *Allomyrina dichotoma* Larvae", *Journal of food science and nutrition*, Vol. 47, No. 11, pp. 1153-1158, 2018. <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2018.47.11.1153>
- [14] H. J. Ryu, H. J. Song, S. O. Lee, "Enzymatic Preparation and Antioxidant Activities of Protein Hydrolysates from *Allomyrina dichotoma* Larvae", *Journal of food science and nutrition*, Vol. 48, No. 4, pp. 410-417, 2019. <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2019.48.4.410>
- [15] C. S. Shin, D. Y. Kim, W. S. Shin, "Characterization of chitosan extracted from Mealworm Beetle (*Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*) and Rhinoceros Beetle (*Allomyrina dichotoma*) and their antibacterial activities", *International Journal of Biological Macromolecules*, Vol. 125, pp. 72-77, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.242>
-

X선 이 장수풍뎡이 유충의 체중과 생존율에 미치는 영향

이원정,¹ 임동환,¹ 박정순,¹ 심영은,¹ 정유진,¹ 김정호,² 유세종^{1,*}

¹대전보건대학교 방사선(학)과

²건양대학교병원 방사선종양학과

요 약

본 연구에서는 질병의 진단 및 치료에 가장 많이 사용되는 X선을 노출시켜 장수풍뎡이 유충의 체중과 생존율의 변화를 알아보려고 하였다. 2019년 4월 초 장수풍뎡이 유충 1령 41마리를 구입하여 적응을 위해 3일 사육 후, 대조군 11마리, 조사군 (10 Gy, 20 Gy, 30 Gy 각 10마리)으로 분류하여 대전 소재 대학병원 방사선종양학과에서 선형가속기(Clinac IS, VERIAN, USA)를 이용하여 조사(6MV X-ray, Source-surface distance 96cm, field size 18 x 10cm, dose rate 600MU/min) 하였다. 조사 후 1주 간격으로 생존율, 체중을 측정하였다(사육 온도 20.6°C, 습도 64.3%). 모든 통계분석은 SPSS ver 22.0(Chicago, IL, USA)을 사용하여 체중은 평균과 표준편차로 나타내어 대조군과 X선 조사군 간에 독립 표본 T-검정(Independent t-test)을 실시하였고, 생존율은 교차분석으로 비교 하였다. 또한, 선량과 체중의 상관성을 Spearman 으로 분석하였다. 조사 후 3주차에서는 모근 군이 체중이 증가하였고, 대조군에 대해 10 Gy군과 20 Gy군은 통계학적인 유의한 차이를 보였고(p<0.05), 특히 30 Gy군과는 더 큰 차이를 보였다(p<0.01). 14주차에서 체중에서 대조군은 증가를 보였지만 조사군은 감소를 보였고, 대조군에 대해 10 Gy 군과 30 Gy 군(p<0.05), 20 Gy군(p<0.01) 간에 통계학적인 유의한 차이를 보였다. 조사 후 3주차에는 10 Gy군을 제외한 모든 군에서 급격한 생존율 감소를 보였고, 조사군에서 4주차까지 급격한 생존율 감소를 보였다. 대조군은 3주차부터 14주차까지 생존율의 변화(54.5%)가 없었다. 조사 후 3주차부터 조사에서 선량이 높을수록 낮은 생존율을 보였다. 조사 후 19주차에는 대조군 45.4%, 10 Gy군 30.0%의 생존율을 보였고, 20 Gy군과 30 Gy군에서는 모두 사망하였다. 조사 후 기간이 길어질수록 선량과 체중은 높은 음의 상관성을 보였다. X선은 장수풍뎡이 유충의 체중과 생존율에 영향을 미쳤고, 선량이 높을수록 체중과 생존율의 감소는 더 크게 나타났다.

중심단어: 장수풍뎡이 유충, X선, 생존율, 체중

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	이원정	대전보건대학교 방사선(학)과	조교수
(공동저자)	임동환	대전보건대학교 방사선(학)과	학부생
	박정순	대전보건대학교 방사선(학)과	학부생
	심영은	대전보건대학교 방사선(학)과	학부생
	정유진	대전보건대학교 방사선(학)과	학부생
	김정호	건양대학교병원 방사선종양학과	방사선사
(교신저자)	유세종	대전보건대학교 방사선(학)과	조교수