

The Radioprotection Effect of *Dioscorea Quinqueloba* Extracts on the Prostate and Heart in Male Rats

Jae-Gyeong Choi¹, Chang-Ju Kim¹, Geun-Woo Jeong², Sang-Hyun Jeong¹, Sung-Hyun Joo¹, Byung-In Min^{1,3,*}

¹Department of Emergency and Disaster Management, Inje University

²Department of Special Operation Unit, Busan Metropolitan Police

³Department of Nuclear Applied Engineering, Inje University

Received: October 26, 2022. Revised: November 15, 2022. Accepted: November 30, 2022.

ABSTRACT

This study is designed to examine the effects of *Dioscorea Quinqueloba* extract as a natural radiation protection agent on the prostate and heart of male rats. *Dioscorea Quinqueloba* extract is well known to prevent the male-specific disease and heart disease. In this study, the Gamma-ray 10 Gy was irradiated in whole body of male rat to identify radioprotective effect by *Dioscorea Quinqueloba* extract. After irradiation, tissue change, SOD (Superoxide Dismutase) activity changes and hematological changes were observed. DQ+IR group showed higher lymphocyte, white blood cell, platelet levels than the IR group. In the NC and DQ groups, the number of prostate gland cells and the gap between cells were relatively narrow. But in the IR group, the cells died significantly and the gap widened. In the DQ+IR group, the gap between cells increased similarly to the IR group, but the number of dead cells was noticeably smaller. In the NC and DQ groups, the cardiovascular and myocardium are clearly separated, and cell nuclei are in good condition. But in the IR group, the cardiovascular and myocardium boundaries were disrupted, and the number of dead cell nuclei was high. In the DQ+IR group, although the boundaries were widened, but not disrupted and the number of dead cell nuclei was high. Therefore, *Dioscorea Quinqueloba* extract is judged to have radioprotective properties for the prostate and cardiovascular.

Keywords: Radioprotector, *Dioscorea quinqueloba*, Prostate, Heart, Antioxidant

I. INTRODUCTION

2011년 일본의 후쿠시마 원자력발전소 사고는 원자력 사고에 대한 국민의 경계심을 매우 높였다^[1]. 그리고 2018년 유명 브랜드 침대에서 기준치보다 높은 비활성 방사성 기체, 라돈이 검출되었다고 보도되었다^[2]. 2021년 일본은 후쿠시마 원자력발전소 오염수 방류를 자국 원자력규제위원회의 인가를 받아 결정하였다^[3]. 위와 같은 사건, 사고로 방사선 사고, 피폭에 대한 국민의 반감, 불안감이 증가하고 있다.

국민의 반감이 증가하는 것과는 다르게 현대사

회에서 방사선은 의료, 농업, 산업, 연구, 에너지, 식품 외 다양한 분야에서 활용되고 있다. 매년 방사선 작업종사자의 수는 약 2%의 증가율을, 분야별 방사성동위원소 이용 기관의 수는 약 5%의 증가율을 보인다^[4]. 매년 증가하는 방사선의 활용도는 방사선 사고의 발생도 증가시킬 수 있다.

방사선 사고로 발생할 수 있는 방사선 피폭은 인체에 장애를 유발한다. 국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection, ICRP) 출간물인 ICRP 60에서 지속적인 방사선 피폭은 발암, 후세대의 유전적 결함 등이 발생할 확률을 증가시킨다고 명시하였다^[5]. 따라서 방사선 피폭 관리를 통해 장애를 방지하는 장애방어, 방사선 방호의 중

* Corresponding Author: Byung-In Min

E-mail: rimbi@inje.ac.kr

Tel: +82-55-320-3910

요성이 계속 주목받으며 이를 수행할 수 있는 방사선 방호제 연구 필요성이 제시되었다⁶⁾. 방사선 방호제는 방사선 피폭의 영향을 줄이기 위한 약품이다. 하지만 상용화된 방사선 방호제는 대부분 화학적으로 제조되었기 때문에 인체에 대해 독성과 부작용이 있다⁷⁾. 따라서 방사선 사고 시, 방사선 피폭 후 복용하는 화학 방사선 방호제가 아닌 일상적으로 복용이 가능한 천연 물질을 이용한 방사선 방호제 개발의 기초 연구가 진행되고 있다⁸⁻⁹⁾.

본 연구는 단풍마(*Dioscorea Quinqueloba*) 추출물의 항산화 능력을 평가 후, 흰 쥐(Spargue-Dawley Rat, SD Rat)를 이용한 동물실험을 통해 방사선 방호효과를 확인하려 한다. 단풍마는 천연 항산화 물질인 플라보노이드(Flavonoid), 폴리페놀(Polyphenol), 뮤신(Mucin), 사포닌(Saponin), 디오신(Dioscin), 그릴린(Gracilin), 디오스게닌(Diosgenin) 등을 함유하고 있다. 이 성분들은 항산화, 소화 촉진, 항암, 남성 질환 개선 등의 효능을 가진다¹⁰⁻¹³⁾. SD Rat에 경구투여를 2주간 진행한 후 감마선 10 Gy(Gray)를 조사하여 생리 변화를 관찰하는 것으로 방사선 방호효과를 확인하려 한다. 이후 혈액학적 분석, 항산화 효소 활성 평가(SOD), 조직학적 분석으로 방사선 방호효과를 확인한다. 본 연구 결과를 바탕으로 단풍마 추출물의 방사선 방호 및 회복 효과를 확인하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 단풍마 추출물 제조

실험에 사용된 단풍마는 백년부엌(Jinan-gun, Jeollabuk-do, Korea)에서 건조된 형태를 구매하여 사용하였다. 건조된 단풍마를 분말 형태로 분쇄한 후 70% 에탄올과 혼합하여 추출하였다. 단풍마 에탄올 추출물의 농도는 선행논문을 참고하여 제조하였다⁸⁾. 단풍마 분말 18.75 g을 70% 에탄올 5 L와 혼합하여 70°C에서 6시간 동안 Water bath(Jeio Tech, Korea)로 온도를 일정하게 유지하며 추출하였다. 용액을 Filter paper(Advantec Toyo Kaisha, Ltd, Japan)를 사용하여 여과 후 Vertical Autoclave(JS Research Inc, Gongju-si. Korea)로 2시간 동안 멸균하

여 단풍마 에탄올 추출물을 제조하였다.

2. 실험 동물 사육

실험 동물을 이용한 모든 실험과정은 인체대학교 동물실험윤리위원회(Institutional Animal Care and Use Committee)의 승인(승인번호: 인제 2022-008) 하에 수행되었다. 하나바이오(Gyeonggi-do, Korea)에서 생후 4주령 된 수컷 SD Rat 96 마리를 구매하여 사용하였다. 실험 동물은 조명 시간 12시간/Day Cycle, 습도 50 ~ 60%, 실내 온도 19 ~ 23°C를 일정하게 유지하는 Clean Room(인체대학교 동물자원센터)에서 사육하였다. 일주일간의 검역 순화 기간을 거치고 탈 이온수와 표준사료를 공급하여 스스로 섭취할 수 있게 하였다. 검역 순화 기간 종료 후 5주령이 되었을 때 Table 1과 같이 실험군을 편성하였다. 실험군은 대조군(NC Group), 단풍마 추출물 투여군(DQ Group), 방사선 조사군(IR Group), 단풍마 추출물 투여 후 방사선 조사군(DQ+IR Group)으로 편성하였으며 이 중 DQ, DQ+IR Group은 존대를 이용하여 2주간 1일 1회 정해진 시간에 단풍마 추출물을 경구 투여(25 mg/ 250 g/ day)하였다¹⁴⁾.

Table 1. Experimental animal group

Group	1 day	7 day	21 day	Total
NC	8	8	8	24
DQ	8	8	8	24
IR	8	8	8	24
DQ+IR	8	8	8	24
Total	32	32	32	96

3. 방사선 조사

방사선 조사는 Fig. 1의 한국원자력연구원 첨단 방사선연구소가 운용 중인 Co-60 감마선 조사 장치(C-188, Mds Nordion, Canada)를 활용하였다. 감마선을 조사할 때 실험 동물의 전신에 조사될 수 있도록 32.5 × 60.5 × 23 cm³의 동물 이동용 종이 케이스를 사용하여 선원과의 거리 40 cm 지점에 배치하였다. 감마선은 136 Ci의 Co-60 선원, 1.17 MeV와 1.33 MeV 에너지로 SD Rat의 전신에 10.55 Gy/h의 선량률로 57분 동안 조사했고 총 10 Gy의 흡수선량을 가진다.



Fig. 1 Gamma-ray generator(Co-60) was used for SD Rat Irradiation.

4. 시료 채취

방사선 조사 후 각 1일, 7일, 21일이 지난 SD Rat의 혈액, 조직 시료를 채취하였다. 마취는 2% Isoflurane을 이용하였고 복부를 절개하여 복강 안 대정맥에서 전혈을 채취하였다. 조직은 비장, 전립선, 심장을 채취하였다. 전립선, 심장은 PBS (Phosphate Buffer Saline)로 세척 후 10% 포르말린(Formalin)에 고정했다.

5. 혈액학적 분석

혈액 응고 방지제(Heparin Lithium) 처리한 채혈 전용 0.5 cc EDTA Tube에 채취한 혈액을 보관하여 혈액이 응고하는 것을 방지하였다. 혈액은 동물용 혈구 분석기(Mindray bc-2800 vet, China)를 이용하여 분석하였다. 혈액은 림프구(Lymphocyte), 혈소판(Platelet) 등을 분석하였다. 각 군은 개체당 2회의 전혈구 검사(CBC)를 시행하여 평균값을 이용하였다.

6. SOD (Superoxide dismutase) 측정

선행 연구와 SOD Assay Kit(Dojindo Molecular Technologies, Japan) Protocol을 이용하여 진행하였다. 채취한 혈액은 1000 U 헤파린(Heparin) 0.05 ml와 혼합, 차광하여 10분간 4°C에서 600 g로 원심분리하였다. 혈구와 혈장이 분리된 시료에서 혈장을 제거하고 혈구 시료를 식염수와 1:1 비율로 희석하였다. 이 과정을 2회 반복하고 증류수 4 ml, 클로로포름 0.6 ml, 99% 에탄올 1 ml를 혈구 시료에 첨가하여 혼합하였다. 15분간 4°C에서 Shaker로 혼합물

을 교반한 후 10분간 4°C에서 600 g로 원심분리였다. 그리고 시료 0.1 ml에 증류수 0.7 ml, 0.25% 에탄올 0.7 ml를 혼합하여 1.5 ml Centrifuge Tube에 농도 1의 Sample Solution을 제조하였다. 제조한 Sample Solution을 희석하여 1/5의 농도부터 1/5로 반복해서 희석하여 1/5⁶까지의 SOD Sample 시료를 제조하였다. 다음 96 Well Plate의 각 Well에 Sample Solution, Dilution Solution 및 Enzyme Working Solution를 20 µl 첨가하고 WST Solution 200 µl를 첨가하여 Test를 준비하였다. ELISA Reader(Biotek, USA)로 흡광도를 450 nm에서 측정 후 다음 Eq. (1)을 통하여 SOD Activity(%) 계산하였다^[15].

$$SOD\ activity(\%) = \frac{[(Blank1-Blank3)-(Sample-Blank2)]}{(Blank1-Blank3)} \times 100 \quad (1)$$

7. 조직학적 분석

조직 분석을 위해 10% 포르말린에 고정한 전립선, 심장을 사용하였다. 전립선, 심장 조직은 70% 에탄올을 사용하여 탈수, 자일렌(Xylene)으로 치환한 뒤 파라핀 블록(Paraffin Block)으로 제작하였다. 블록을 4 µm로 절삭 및 염색(H&E Staining)하여 광학 현미경을 이용하여 관찰하였다^[16-18].

8. 통계학적 분석

실험 결과는 SPSS ver 26(IBM) 프로그램의 Student's t-test를 이용하여 분석하였다. 결과값은 평균 ± 표준편차(Mean ± SD)로 나타내고 p<0.05에서 실험군 간의 유의성을 확인하였다.

III. RESULT

1. 혈액학적 변화

감마선 10 Gy 조사 후 날짜별 혈액학적 변화는 Table 2, 3과 같다. 조사 후 1일, 7일 차에서 IR Group에 비하여 DQ+IR Group(p<0.01)의 림프구 수치가 유의하게 증가하였다. 조사 후 7일 차에 IR Group에 비하여 DQ+IR Group(p<0.05)의 혈소판 수치가 유의하게 증가하였다.

Table 2. Lymphocytes($\times 10^3/\mu\text{l}$) from SD Rat after 10 Gy Irradiation

Group	1 Day	7 Day	21 Day
NC	4.07 ± 0.17	4.20 ± 0.45	3.71 ± 0.27
DQ	4.29 ± 0.32	4.26 ± 0.49	4.37 ± 0.35
IR	0.10 ± 0.02	0.33 ± 0.05	1.58 ± 0.32
DQ+IR	0.17 ± 0.03**	0.44 ± 0.03**	1.82 ± 0.37

*p<0.05, **p<0.01 compared to IR Group

Table 3. Platelet($\times 10^3/\mu\text{l}$) from SD Rat after 10 Gy Irradiation

Group	1 Day	7 Day	21 Day
NC	1680.2 ± 231.84	1558.6 ± 254.95	1804.8 ± 141.42
DQ	1539.5 ± 170.29	1667.3 ± 228.04	1724.9 ± 404.97
IR	1765.4 ± 256.26	57.37 ± 35.78	1438.1 ± 282.84
DQ+IR	1632.7 ± 119.42	131.0 ± 53.49*	1668.4 ± 178.89

*p<0.05, **p<0.01 compared to IR Group

2. SOD 활성 변화

감마선 10 Gy 조사 후 7일 차의 SOD 활성도는 Table 4로 나타냈다. SOD 활성도는 NC Group(65.04±1.41 U/ml)과 DQ Group(45.21±1.79 U/ml)에 비해 방사선 조사군인 IR Group(1.51±0.18 U/ml)에서 매우 감소한 경향이 나타났다. DQ+IR Group(30.37±0.89 U/ml)은 이에 비해 큰 폭으로 감소하지 않았다.

Table 4. Final SOD Activity(U/ml) from Blood of SD Rat 7 days after 10 Gy Irradiation

Group	7 days
NC	65.04 ± 1.41
DQ	45.21 ± 1.79
IR	1.51 ± 0.18
DQ+IR	30.37 ± 0.89*

*p<0.05 compared to IR Group

3. 전립선의 조직학적 변화

감마선 10 Gy 조사 후 7일 차 각 Group의 전립선은 Fig. 2와 같다. NC Group, DQ Group의 전립선 낭 표면에 굴곡이 있으며 세포가 고르게 분포되어

있었다. IR Group의 전립선 낭은 NC Group과 비교하여 표면 굴곡이 거의 사라지고 표면 굴곡과 벽을 이루는 세포 수와 두께가 매우 감소했다. 그리고 전립선 낭 간의 간격이 증가했다. DQ+IR Group의 전립선 낭은 표면 굴곡이 거의 사라지고 표면 굴곡과 전립선 낭 간의 간격은 감소했다. 하지만 IR Group과 비교하여 벽의 세포 수와 두께는 양호한 것을 확인할 수 있었다.

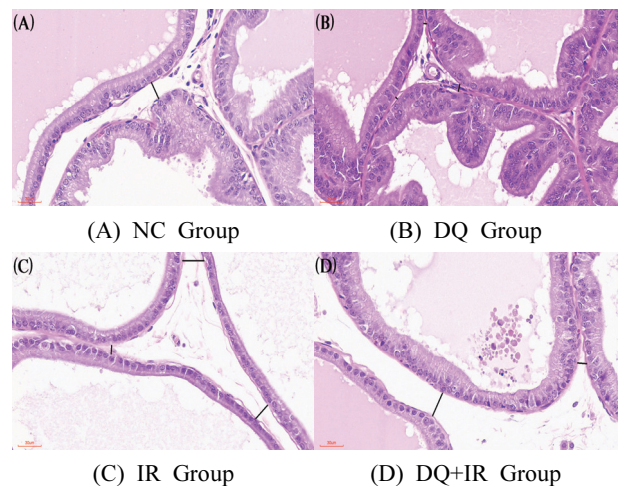


Fig. 2. Observation of SD Rats' Prostate Cells on H&E stained with optical microscopy.

4. 심장의 조직학적 변화

감마선 10 Gy 조사 후 7일 차 각 Group의 심장은 Fig. 3과 같다. NC Group, DQ Group의 심혈관은 주변 경계가 뚜렷하고 세포핵의 상태가 양호하다. 심혈관 주변의 심근은 줄기의 경계가 뚜렷하고 심근 사이의 간격이 조밀하여 정상임을 확인할 수 있었다. IR Group의 심혈관은 방사선 조사로 인해 혈관 벽이 팽창하고 심혈관과 심근의 경계가 무너졌으며 세포 수가 많이 감소했다.

심혈관 주변의 심근은 줄기의 경계가 무너지고 심근 사이 간격으로부터 심근 세포의 유실이 발생함을 확인하였다. DQ+IR Group의 심혈관은 IR Group과 비교하여 심혈관 벽이 팽창하였고 세포 수도 많이 감소했지만, 심혈관과 심근의 경계가 무너지지는 않았다. 심혈관 주변의 심근은 심근 줄기의 경계가 무너졌지만, IR Group에 비해 간격이 발생하지는 않음을 확인할 수 있었다.

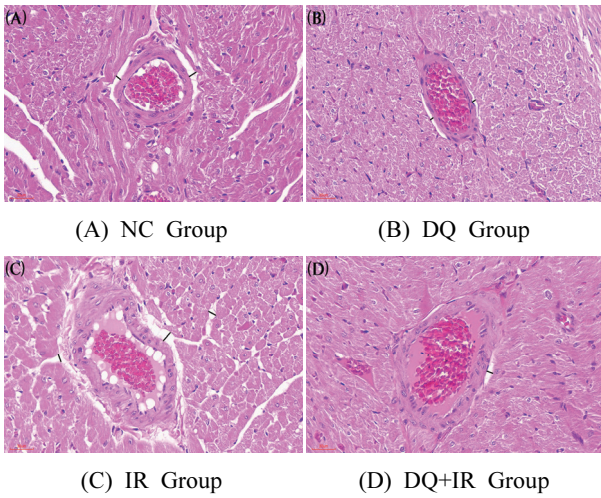


Fig. 3. Observation of SD Rats' Cardiovascular and Myocardium Cells on H&E stained with optical microscopy.

IV. DISCUSSION

인체의 70%는 물로 구성되어 있다. 인체가 방사선에 피폭되면 체내의 물 분자가 이온화되어 $\text{OH}\cdot$, $\text{H}\cdot$, 수화전자(e_{aq}^-) 등이 생성되는데 이를 자유라디칼이라 한다. 자유라디칼은 다른 물 분자와 반응하여 양이온 물 분자, 음이온 물 분자를 생성한다. 이들은 매우 불안정하기에 안정된 물 분자와 반응하여 다른 자유라디칼을 생성하게 된다. 그리고 자유라디칼은 인체에 축적되어 수소(H_2), 과산화수소(H_2O_2) 같은 생물학적 유해를 일으키는 물질을 생성하여 DNA 절단, 세포 구조 변화를 일으킨다. 이는 암, 백혈병이나 유전적 결함 등으로 이어진다. 그러므로 피폭 피해를 최소화하기 위해 방사선 방호 연구가 필요하고 특히 부작용과 독성이 없는 천연 방사선 방호제 연구의 필요성이 증가하고 있다.

본 연구에서는 단풍마 추출물의 방사선 방호효과를 확인하고자 하였다. IR Group에 10 Gy Co-60 감마선을 전신 조사하였고 DQ+IR Group은 2주간 단풍마 추출물을 투여한 후 감마선을 전신 조사하였다. 방사선 조사 후 Group 별 혈구 분석, SOD 활성도 분석, 조직 변화 분석을 하였다.

혈구 분석은 방사선 조사 후 1일 차 림프구에서는 NC Group과 비교하여 IR, DQ+IR Group 모두 약 2%, 4% 정도로 급격히 감소한 것을 확인하였

다. 이후 7일 차에서 큰 회복을 보이진 않았지만 21일 차에서는 두 그룹 모두 NC Group의 약 40%, 50% 정도까지 회복하였다. 방사선 조사 이후로 림프구 감소, 회복 모두 IR Group보다 DQ+IR Group의 수치가 높음을 확인할 수 있었다.

1일 차 혈소판은 NC Group과 비교하여 IR, DQ+IR Group 모두 큰 변화를 확인할 수 없었다. 이후 7일 차에서 각각 NC Group의 약 3%, 6% 정도까지 급격히 감소했다. 21일 차에서 NC Group의 약 80%, 95% 정도까지 크게 회복했고 방사선 조사 이후 혈소판 감소, 회복 모두 IR Group보다 DQ+IR Group의 수치가 높음을 확인할 수 있었다. 이는 단풍마 추출물이 방사선 조사에 의해 손상된 조혈 면역계의 회복에 기여한 것으로 볼 수 있다.

SOD 활성도는 7일 차에 채취한 혈액으로 분석했으며 대조군인 NC Group (65.04 ± 1.41)에 비해 방사선 조사군인 IR (1.51 ± 0.18), DQ+IR Group (30.37 ± 0.89)에서 많이 감소함을 확인할 수 있었다. 하지만 IR Group과 DQ+IR Group 간의 차이는 존재하며 이는 단풍마 추출물이 SOD 활성도 감소를 완화한 것으로 보인다.

전립선은 방사선 조사 후 7일 차 IR Group과 DQ+IR Group을 NC Group과 비교하여 방사선 조사로 인한 세포의 사멸, 전립선 낭 크기의 감소, 간격의 증가를 관찰하였다. IR Group에 비해 DQ+IR Group의 전립선 낭이 크며, 간격이 좁고, 사멸한 세포의 수가 적음을 확인하였다.

심장은 방사선 조사 후 7일 차 IR Group과 DQ+IR Group을 NC Group과 비교하여 방사선 조사로 인한 심혈관과 심근의 경계 소멸, 혈관 벽의 팽창, 심근 간의 간격 발생, 심근 세포의 유실을 관찰하였다. IR Group에 비해 DQ+IR Group의 심혈관 팽창과 심근 간의 간격이 감소하고 심근 간의 간격이 좁음을 확인할 수 있었다. 이는 단풍마 추출물이 방사선 조사로 인한 자유라디칼을 소거하여 이로 인한 세포의 손상을 억제하여 방사선 방호효과에 이바지하는 것으로 보인다.

원자력 사고 발생 시 주로 피폭되는 방사선은 감마선이다. 본 연구는 SD Rat에 10 Gy의 감마선을 조사하여 연구를 진행하여 기존 연구에서 사용한

엑스선보다 실제 사고 상황과 유사하고 7 Gy보다 높은 10 Gy에서의 영향을 확인하였다. 실험 결과는 천연 물질을 이용한 방사선 방호제 개발을 위한 기초 연구를 진행한 다른 연구와 유사한 결과를 확인하였다^[19-20].

V. CONCLUSION

단풍마 추출물의 방사선 방호효과를 평가하기 위해 SD Rat에 10 Gy의 Co-60 감마선을 조사하여 동물실험을 수행하였다. 단풍마 추출물 투여 후 방사선 조사군(DQ+IR Group)은 방사선 조사군(IR Group)에 비해 림프구, 혈소판 수의 감소가 완화되는 것을 확인하였다. 그리고 SOD 활성도 감소와 전립선, 심장 조직의 손상이 완화되는 것을 관찰하였다. 이는 항산화 물질을 함유하는 단풍마 추출물이 방사선 조사로 인해 생성되는 자유라디칼을 소거하는 항산화 작용으로 방사선 방호에 이바지한다고 볼 수 있다.

따라서 본 연구는 방사선 피폭에 의한 영향에 단풍마 추출물이 방호효과를 가지는 것을 확인하였다. 본 연구는 단풍마를 이용한 천연 방사선 방호제의 연구에 유용한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

Reference

- [1] S. H. Jin, "A Cognition Analysis of Korean Related to Nuclear Energy after the Fukushima Accident", Korean Public Administration Quarterly, Vol. 24, No. 4, pp. 1011-1038, 2012.
- [2] S. M. Lee, "A Legal Problem and an Improvement Plan of NORM(Naturally Occurring Radioactive Materials) Management System Seen Through a Case of a Radon Detection Bed", Environmental Law and Policy, Vol. 21, pp. 167-199, 2018. <http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.18215/elvlp.21..201809.167>
- [3] G. O. Park, "Radioactive Contamination and Discharge of Wastewater in Japan", YeolLinChungNam, Vol. 93, pp. 29-36, 2021.
- [4] Nuclear Safety And Security Commission, "2021 Nuclear Safety Survey", Korea Foundation of Nuclear Safety, pp. 136-148, 2021.
- [5] H. Smith, "Annuals of the ICRP Publication 60", International Commission on Radiological Protection, Vol. 21, No. 1-3, pp. 31-40, 1991.
- [6] International Atomic Energy Agency, "Safety Series No. 47: Manual on Early Medical Treatment of Possible Radiation Injury", International Atomic Energy Agency, pp. 74, 1978.
- [7] National Council on Radiation Protection, "Report No. 65: Management of Persons Accidentally Contaminated with Radionuclides", International Atomic Energy Agency, pp. 77, 1980.
- [8] G. W. Jeong, D. Y. Joung, C. J. Kim, J. E. Lee, S. H. Jeong, H. J. Kim, B. I. Min, "The Radioprotection Effect of *Protactia Brevitarsis* Larvae Extracts on the Reproductive in Female Rats Irradiated Gamma Ray", Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 15, No. 2, pp. 247-255, 2021. <http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2021.15.2.247>
- [9] Y. J. Lee, J. O. Kim, C. H. Jeon, J. E. Lee, G. W. Jeong, D. Y. Jung, B. I. Min, "Radiation Protection Effect of Mixed Extracts of *Artemisia asiatica* Nakai and *Moringa oleifera* Lam on Rats Uterus", Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 14, No. 6, pp. 747-753, 2020. <https://doi.org/10.7742/jksr.2020.14.6.747>
- [10] J. H. Jegal, N. J. Park, B. G. Jo, S. K. Bong, H. Jegal, M. H. Yang, S. N. Kim, "Anti-Atopic Properties of Gracillin Isolated from *Dioscorea quinqueloba* on 2,4-Dinitrochlorobenzene Induced Skin Lesions in Mice", Nutrients, Vol. 10, No. 9, pp. 1205, 2018. <https://doi.org/10.3390/nu10091205>
- [11] A. Akahori, F. Yasuda, T. Iwao, "Isolation of Isonarthogenin from *Dioscorea quinqueloba* THUNB", Chemical and Pharmaceutical Bulletin, Vol. 19, No. 4, pp. 846-848, 1971. <http://dx.doi.org/10.1248/cpb.19.846>
- [12] Y. M. Park, J. H. Lim, H. J. Jeong, E. W. Seo, "Protective Effects of Crude Mucin and Saponin from *Dioscorea Rhizoma* on Gastric Ulcer Induced by Alcohol in Rats", Journal of Life Science, Vol. 24, No. 11, pp. 1200-1208, 2014. <http://dx.doi.org/10.5352/JLS.2014.24.11.1200>
- [13] S. Y. Byeon, J. S. Oh, J. S. Lim, J. S. Lee, J. S.

- Kim, "Protective Effects of *Dioscorea batatas* Flesh and Peel Extracts against Ethanol-Induced Gastric Ulcer in Mice", *Nutrients*, Vol. 10. No. 11, pp. 1680, 2018. <https://doi.org/10.3390/nu10111680>
- [14] K. A. Lee, H. Y. Jin, H. S. Beak, T. S. Park, "The protective effects of DA-9801 (*Dioscorea* extract) on the peripheral nerves in streptozotocin-induced diabetic rats", *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, Vol. 59, No. 5, pp. 437-446, 2013. <https://doi.org/10.3177/jnsv.59.437>
- [15] S. Marklund, G. Marklund, "Involvement of the Superoxide Anion Radical in the Autoxidation of Pyrogallol and a Convenient Assay for Superoxide Dismutase", *European Journal of Biochemistry*, Vol. 47, No. 3, pp. 469-474, 1974. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1974.tb03714.x>
- [16] H. S. Choi, J. H. Choi, D. Y. Jung, J. O. Kim, J. H. Shin, J. H. Kim, B. I. Min, "Radiation Protection Effect of Selenium on the Rat's Prostate", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 40, No. 2, pp. 317-322, 2017. <https://doi.org/10.17946/JRST.2017.40.2.19>
- [17] M. Lenarczyk, J. D. Su, S. T. Haworth, R. Komorowski, B. L. Fish, R. Q. Migrino, L. Harmann, J. W. Hopewell, A. Kronenberg, S. Pate9, J. E. Moulder, J. E. Baker, "Simvastatin mitigates increases in risk factors for and the occurrence of cardiac disease following 10 Gy total body irradiation", *Pharmacology Research & Perspectives*, Vol. 3, No. 3, pp. 145, 2015. <https://doi.org/10.1002/prp2.145>
- [18] J. E. Baker, B. L. Fish, J. D. Su, S. T. Haworth, J. L. Strande, R. A. Komorowski, R. Q. Migrino, A. Doppalapudi, L. Harmann, X. A. Li, J. W. Hopewell, J. E. Moulder, "10 Gy total body irradiation increases risk of coronary sclerosis, degeneration of heart structure and function in a rat model", *International Journal of Radiation Biology*, Vol. 85, No. 12, pp. 1089-1100, 2009. <https://doi.org/10.3109/09553000903264473>
- [19] C. H. Jeon, J. O. Kim, Y. J. Lee, J. E. Lee, C. H. Lee, B. I. Min, "The Radiation Protection effect of *Tabebuia Avellanadae* Extract on the Prostate in Male Rats", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 14, No. 6, pp. 755-762, 2020. <https://doi.org/10.7742/jksr.2020.14.6.755>
- [20] H. S. Choi, J. H. Choi, D. Y. Jung, J. O. Kim, J. H. Shin, J. H. Kim, B. I. Min, "Radiation Protection Effect of Selenium on the Rat's Prostate", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 40, No. 2, pp. 317-322, 2017. <http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2017.40.2.19>

수컷 쥐 전립선과 심장에 대한 단풍마 추출물의 방사선 방호효과 연구

최제경¹, 김창주¹, 정근우², 정상현¹, 주성현¹, 민병인^{1,3*}

¹인제대학교 재난관리학과

²부산경찰청 경찰특공대

³인제대학교 원자력응용공학부

요 약

본 연구는 천연 방사선 방호제로 단풍마 추출물이 수컷 쥐의 전립선과 심장에 미치는 영향을 관찰하기 위한 것이다. 단풍마는 남성 질환과 심장질환을 개선하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 감마선 10 Gy를 수컷 흰 쥐(Sprague Dawley Rat)의 전신에 조사하여 단풍마 추출물의 방사선 방호 효과를 확인하였다. 조사 후, 1일, 7일, 21일 차의 혈액학적 변화, 7일 차의 항산화 효소(SOD) 활성도 및 조직 변화를 관찰하였다. 96 마리의 수컷 SD Rat을 대조군(NC Group), 단풍마 추출물 투여군(DQ Group), 방사선 조사군(IR Group), 단풍마 추출물 투여 후 방사선 조사군(DQ+IR Group)의 4개 군으로 분류하였다. DQ+IR Group은 IR Group보다 더 높은 림프구, 혈소판 수치를 보였다. SOD 활성도도 DQ+IR Group은 IR Group보다 높은 수치를 보였다. NC Group과 DQ Group에서는 전립선 낭 내의 세포 수가 양호하고 전립선 낭 간의 간격이 상대적으로 좁았다. 그러나 IR Group에서는 사멸한 세포 수가 많이 증가하고 간격이 넓어짐을 확인할 수 있었다. DQ+IR Group은 IR Group과 유사하게 전립선 낭 간의 간격이 증가했지만 사멸한 세포 수가 많이 감소함을 확인할 수 있었다. NC Group과 DQ Group은 심혈관과 심근이 뚜렷하게 분리되어 있고 세포의 상태가 양호하다. 그러나 IR Group에서는 사멸한 세포의 수가 많았고 심혈관과 심근 경계의 파괴를 확인할 수 있었다. DQ+IR Group은 IR Group과 유사하게 사멸한 세포의 수가 많았고 심혈관과 심근의 경계가 넓어졌지만 파괴되지는 않았다. 따라서 단풍마 추출물은 전립선 및 심혈관에 대한 방사선 방호효과가 있다고 사료된다.

중심단어: 방사선 방호제, 단풍마, 전립선, 심장, 항산화

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	최제경	인제대학교 재난관리학과	석사과정
(공동저자)	김창주	인제대학교 재난관리학과	박사과정
	정근우	부산경찰청 경찰특공대	이학박사
	정상현	인제대학교 재난관리학과	석사과정
	주성현	인제대학교 재난관리학과	석사과정
(교신저자)	민병인	인제대학교 원자력응용공학부	교수