신장 조직의 방사선 손상과 천연물질의 방어기전 연구

Protection Effect of Natural Matter and Radiation Damage on Kidney Tissue

지태정
가야대학교 방사선학과

Tae-Jeong Ji(tjje@kaya.ac.kr)

요약

본 연구는 방사선조사 후 신장 조직의 손상과 방어기전을 알아보고자 생쥐 모델을 이용하여 미세구조를 관찰하였다. 광학현미경(LM)의 관찰 결과; 5Gy 조사 후 10일된 신장 조직에서는 정상조직과 비교하여 사구체가 위축되었으며, 10Gy 관찰에서는 곱슬세관(convoluted tubules)의 막이 파괴되어 세포질이 유출되었다. 투과전자현미경(TEM) 관찰 결과; 5Gy 조사에서는 사립체의 막이 파괴되거나 함몰된 것으로 관찰되었으며, 내부 크리스테의 형태도 소실되었다. 또한 일부에서는 핵막의 파괴도 확인되었다. 10Gy 조사한 조직에서는 기저막의 파괴가 뚜렷하게 관찰되고, 용해소체도 비후 된 것을 관찰하였다. 하지만 프로폴리스 섭취한 실험 군에서는 소기관의 형태가 뚜렷하게 관찰되었고, 핵막과 염색질도 선명하게 관찰되어 방어효과를 확인할 수 있었다.

■ 중심어 : | 신장조직 | 방사선 | 전자현미경 | 프로폴리스 | 방어기전 |

Abstract

This research has microstructure observation to find tissue damage mechanism and radio-protection effect on mouse kidney tissue. The result observation of a Light Microscope(LM); The kidney tissue after 5Gy irradiation observed a glomerulus atrophy, also crack distance to base membrane of a convoluted tubules. The kidney tissue after 10Gy irradiation observed out flow cytoplasm to membrane break of a convoluted tubules. The result observation of a Transmission Electron Microscope(TEM); The kidney tissue of after 5Gy irradiation has to breaking a inside cristae and membrane of mitochondria, also show definite damage of nucleus membrane. 10Gy irradiation has all the more damage a base membrane and thickness of lysosome. However, Propolis eating groups observed normal to nucleus membrane and small body of intracellular. therefore We considered "Propolis" as make radio protection function to kidney tissue of the greater part.

■ keyword : | Kidney Tissue | Radiation | TEM | Propolis | Radioprotection Mechanism |

I. 서론

생체 내 물질 균형을 유지하고 전해질 항상성에 중요

한 작용을 하는 신장은 다양한 독성 대사산물을 제거하는 기능을 한다[1]. 그 중 혈액 내 혈장의 여과 과정에서 필요한 분자들은 선택적으로 재흡수 되고 나머지는 외

* 본 논문은 2009년도 가야대학교 교내연구비 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

접수번호 : #090814-001

접수일자 : 2009년 08월 14일

심사완료일 : 2009년 10월 08일

교신저자 : 지태정, e-mail : tjje@kaya.ac.kr

부로 유출시켜 산-염기의 균형을 유지한다[2]. 이러한 물질대사로 노폐물을 배출하는 기전은 조영제나 방사성동위원소를 이용하는 진단 검사에서도 적용된다. 따라서 사구체를 포함한 신장조직은 타 장기에 비해 방사선에너지의 손상을 많이 받게 되며[3], 복부장기 중 신장조직이 가장 민감하다고 보고하였다[4][5]. 특히 최근에는 초기 암의 진단과 전이 확인에 우수하다고 알려진 양전자단층촬영(PET-CT) 검사가 증가되면서 방사성동위원소의 사용이 급속도로 증가하고 있다. 이러한 방사성물질들은 대부분이 신장을 통해 생체외부로 배설되므로 피질의 신소체(renal corpuscle)에 포함된 수입 및 수출 소동맥의 모세혈관과 보우만낭(Bowman's capsule) 및 주변의 굽슬세관(convoluted tubule) 구조물들도 배설과정에서 높은 선량을 받게 된다. 현재까지 알려진 방사선 피폭으로 인한 신장의 주요 질환들은 신장염, 사구체경화증, 혈관협착 및 배설능 저하를 비롯한 만성성 장애를 일으키는 것으로 보고되고 있다[6-8]. 하지만 조직학적 근거를 제시한 연구 발표는 부족한 실정이며, 그에 따른 방어 물질의 연구도 필요하다.

지금까지 연구된 방어물질은 화합물에 의한 합성물질로 방어효과와 함께 일부 독성이 있는 것으로 확인되었다[9][10]. 따라서 부작용을 최소화하기 위해 천연물질의 연구가 이루어지고 있다. 현재 알려진 천연물질로는 사포닌 성분을 포함하는 홍삼, 녹차 등이 보고되었으나[11-13] 완벽하게 방어하지는 못하고 있어 새로운 천연물질의 연구가 필요한 실정이다. 하지만 최근 연구에서 프로폴리스(propolis)가 방사선 손상의 회복과 관련된 연구가 발표되었다[14]. 프로폴리스는 식물에서 분비하는 수지상 물질을 꿀벌의 타액 효소와 혼합하여 만든 것으로 항산화효과와 항염증 및 항균 효과가 있는 것으로 알려져 있다[15][16]. 또한 전리방사선과 관련된 보고에서도 SOD(superoxide dismutase)의 활성을 증가시키고, 염증을 줄인다고 하였으며[17], 감마선 조사에서는 염색체의 손상을 50% 감소시키는 것으로 보고되었다[18].

따라서 본 연구는 방사선에 의한 신장 조직의 손상 정도를 밝혀내고자 생쥐 모델을 이용하여 핵과 세포소기관을 중심으로 초미세 구조를 관찰하고, 조직 손상에

따른 방어 기전을 알아보기 위해 천연물질(프로폴리스)을 섭취시킨 후 세포의 형태를 관찰하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험장비 및 방사선 조사

방사선조사는 Linear accelerator(Linac)을 이용하여 6Mev 에너지의 X-선을 사용하였다. SSD는 98cm로 고정하고 심부 선량 1.5cm에 100% 에너지가 집적되도록 한 다음 대향이문조사로 전신에 1Gy, 5Gy, 10Gy 조사하였다.

2. 생쥐 사육 및 프로폴리스섭식

실험동물은 6주된 ICR(Institute of Cancer Research)계 생쥐 25마리를 사용하여 동일한 환경의 사육실에서 실험 기간 동안 사육하였다. 실험에 사용한 프로폴리스는 경북북부지역에서 채취한 양봉 봉고를 80% ethanol에 교반하여 숙성과정을 거친 후 추출하였다. 추출한 프로폴리스는 농도측정기 (PROEM HB-62, Korea)로 측정된 40% 사용하였다. 섭식 방법은 사료 100 g당 프로폴리스 20 ml를 혼합하여 배합한 후 60℃에서 오븐에서 건조한 후 단단한 경단모양으로 만들어 섭식시키고, 수분 섭취는 0.05% 프로폴리스가 포함된 식수를 공급하였다. 사료와 수분은 실험이 끝나는 30일 동안 자유롭게 섭취하도록 하였다.

3. 광학현미경(LM) 시료 제작 방법

X-선 조사 후 신장 조직을 적출하여 paraffin method에 따라 표본을 제작하였다 (Fujita H and Fujita T, 1988). 조직은 10% FAA (Formalin Acetic Alcohol solution) 용액에 24시간 고정 후 ethanol을 이용하여 탈수 하였고, xylene으로 치환한 후 paraffin block을 만들었다. 표본은 H-E(hematoxyline eosin) 염색 후 관찰하였다.

4. 전자현미경(TEM) 시료 제작 방법

TEM 관찰은 신장조직을 적출하여 이를 glutaraldehyde (2.5%, Polyscience)에서 3시간 동안 전 고정하고, osmium tetroxide (1%, Polyscience)로 1시간 30분 동안 후고정 한다. ethyl alcohol (Merck)을 사용하여 계대 탈수과정을 행하고, propylene oxide (Merck)로 치환한다. 그리고 epon resin (polyscience)에 포매하여 60℃ 배양기에서 48시간 중합하여 block을 제작한다. ultra microtome을 이용하여 80nm로 박절 후 uranyl acetate (Polyscience)와 lead nitrate (Polyscience)로 이중 염색하여 투과전자현미경 (H-7000, Hitachi, Japan)을 통하여 관찰하였다.

III. 결과

1. 신장 조직의 광학현미경(LM) 관찰

1.1 정상 신장 조직의 관찰

신장은 혈액으로부터 요를 생성하여 생체내 수분과 전해질의 평형을 이루도록 한다. 신장의 구조는 피질(cortex)과 수질(medulla ;M)로 구성되어 있으며 피질에서 요의 생성장기인 신소체(renal corpuscle ;RC)는 사구체(glomerulus)와 주변을 싸고 있는 보우만낭(Bowman's capsule ;Bc)으로 이루어져 있다. 사구체에서 여과된 물과 무기이온들은 소체쪽곱슬세관과(proximal convoluted tubule ;PCT) 먼쪽곱슬세관(distal convoluted tubule ;DCT)을 거쳐 재흡수 된다. 집합관(collecting duct)은 신장 단위의 마지막 끝은 부위이며 물을 투과시키지는 못하나 항이뇨호르몬(ADH)이 존재하면 물을 투과할 수 있게 하여 간질로 보낸다. 집합관 주변에는 모세혈관(capillary)들이 존재하고 소엽 사이동맥(interlobular artery ;AA)도 확인되었다[그림 1].

1.2 1Gy, 5Gy, 10Gy 전신 조사 후 신장 조직의 관찰

전신 1Gy 조사 후 10일된 신장조직에서는 특정 조직의 뚜렷한 변화는 관찰되지 않았으나 피질에서 수질로 이어지는 속질부챗살(MR)의 집합세관들이 조밀하게 형성되지 않고 일부에서 넓게 관찰되었다[그림 2A]. 또한 피질의 곱슬세관 주변 동맥(A)에서도 속탄력판의

형태가 명확하지 않은 것으로 확인되었다[그림 2B]. 5Gy 조사 후 10일된 신장조직에서는 먼쪽곱슬세관사이(DS)의 간격이 넓어져 있었으며, 곱슬세관의 막(BM)이 두꺼워져 있는 것으로 관찰되었다[그림 2C]. 또한 신소체(RC)가 위축되어 크기가 줄어든 것으로 나타났고 보우만 낭의 한쪽 부분이 유착되어 관찰되었다[그림 2C]. 일부 곱슬소체의 핵에서는 형태가 선명하지 않고 흐릿하게 보였다[그림 2D].

10Gy 조사 후 10일된 신장조직에서는 신소체의 크기가 정상조직에 비해 50% 이상 위축되어 관찰되었으며, 곱슬소체들의 가장자리 막이 심하게 파괴(MBk)되어 세포질(cp)의 내용물이 흘러져 신장의 기능이 거의 손상된 것으로 확인되었다. 또한 일부 곱슬소체 가장자리 핵의 모습도 비후된 것으로 관찰되었다[그림 3A]. 수질과 피질의 경계 부분에 있는 집합관(Cd)은 정상 조직조 직보다 크게 내부가 형성되어 있으며 동맥(A)의 내측 속탄력판의 형태는 일그러지고 동심원이 아닌 불규칙한 타원형으로 관찰되었다[그림 3B][그림 3C]. 신소체는 심하게 위축되고 일그러진 모습으로 관찰되었으며, 가장자리에 있는 편평세포가 소체쪽곱슬세관과 유착되어 기능을 상실한 것으로 관찰되었다. 또한 보우만낭과의 사이공간이 협착되어 모세혈관이 파괴되어 손상이 매우 심한 것으로 확인되었다[그림 3D].

1.3 천연물질 섭취 후 신장 조직 관찰

천연물질 프로폴리스 섭취와 함께 5Gy 전신 조사한 신장조직에서는 곱슬소체 주변의 정맥들이 선명하게 확인되었으며, 신소체 주변의 소체쪽곱슬세관과 먼쪽 곱슬세관의 핵들이 일정하게 관찰되었다. 또한 막의 형태도 비후 되지 않고 조밀하게 확인되었다. 신소체 관찰에서는 모양과 크기가 위축되지 않고 일정하게 관찰되었다[그림 4A]. 동맥혈관의 관찰에서는 내탄력판(IEL)이 선명하고 동심원 형태를 보여 방사선 조사한 군과 현저한 차이를 보였다. 또한 모세혈관들은 곱슬세관의 막 사이에서 확인되었고, 소체 주변의 토리 공간도 정상적인 간격을 유지하였다. 이와 같은 결과로 보아 프로폴리스 섭취 군에서는 신장조직 손상이 유의한 차이로 줄어든 것을 확인하였다[그림 4B].

그림 1. 정상 신장조직의 광학현미경 사진 A: 피질과 수질, B: 피질의 사구체와 곱슬세관

RC: renal corpuscle, AA: arcuate arteries, AV: arcuate veins, M: medulla, cap: capillary,
Ct: collecting duct, PCT: proximal convoluted tubule, DCT: distal convoluted tubule, Bc: Bowman's capsule

그림 2. A,B ; 1Gy 조사 후 10일된 신장 조직, C,D ; 5Gy 조사 후 10일된 신장 조직

MR : medullary rays, A : artery, BM :base membrane, DS : distal convoluted tubule space,
RC :renal corpuscle, N :nucleus

그림 3. 10Gy 조사 후 10일된 신장 조직 A: 피질, B: 집합관, C:피질내 동맥, D: 사구체
RC :renal corpuscle, MBk :membrane break, cp: cell plasma, N :nucleus,
Cd :collecting duct, A :artery, PCT : proximal convoluted tubule

그림 4. propolis 섭취와 함께 5Gy 조사 후 10일 경과한 신장 조직 A: 피질내 사구체, B: 동맥혈관
c :capillary, DCT :distal convoluted tubule, PCT :proximal convoluted tubule,
BM :base membrane, IEL : internal elastic lamina, A :artery

2. 신장 조직의 전자현미경(TEM) 관찰

2.1 정상 신장 조직 관찰

신장 조직 중 신소체 주변의 막을 형성하고, 소기관과 핵의 분포가 많은 소체쪽굽슬세관(PCT)과 먼쪽굽슬세관(DCT)을 중심으로 미세 구조를 관찰하였다. 소체쪽굽슬세관은 가운데 부분에서 풍부한 미세융모가 형성되어 있었으며, 기저막 주변에는 사립체(M)가 직각으로 배열되어 Na^+ 의 능동수송을 위한 ATP 공급과

아미노산을 흡수 하였다. 또한 소체쪽굽슬세관(PCT) 상피세포는 돌기들이 서로 각지끼듯 맞물린 형태를 유지하고 있으며, 용해소체(Ly)와 음소포(v), 핵(N)이 관찰되었다[그림 5A]. 먼쪽굽슬세관(DCT)은 Na^+ 이온을 재흡수하는 기능을 하며, 술모양 가장자리가 없어 깨끗한 속공간을 형성하고 있었다. DCT에서는 속공간쪽에서 불규칙하게 관찰되었고 상대적으로 핵이 차지하는 비중이 많았으며, 핵 주변의 세포질에는 소포들이 형성되어 있었다[그림 5B].

그림 5. 정상 신장 조직의 전자현미경 사진 A: PCT(X3,000) B: DCT(X4,000)
M :mitochondria, N :nucleus, Ly :lysosome, v :pinocytotic vesicles

2.2 5Gy, 10Gy 조사 후 신장 조직의 관찰

전신 5Gy 조사 후 20일 경과된 신장 조직에서 PCT 관찰 결과; 기저막(BM) 사이 공간에 지지조직이 관찰되었으며, 특징적인 막의 손상은 확인되지 않았다. 하지만 사립체(M)는 크게 손상되었는데 그 중 내막에 주름으로 형성된 크리스테(cristae)의 모양이 대부분 소실되고 일부에서는 내막과 외막이 파괴(Bk)되어 세포질이

외부로 유출된 것을 확인할 수 있었다. 또한 사립체의 이중막이 함몰(de)되거나 괴사(Ne)되는 모양도 일부 관찰되었다[그림 6A]. 핵과 염색질에 대한 관찰에서는 핵막이 손상되어 일부 염색질이 소실된 것으로 확인되었다[그림 6B]. 10Gy 조사 후 DCT 관찰 결과는 기저막의 한쪽부분이 손상되어 Na^+ 의 능동적인 이온 수송에 영향을 미치는 것으로 보이며, 기저막 주변에 위

그림 6. 5Gy 조사 후 20일 지난 신장 조직 A: PCT(X10,000), B: PCT의 핵(X30,000), 10Gy 조사 후 5일 지난 신장 조직 C: DCT의 기저막(X20,000), D: DCT(X9,000)

M : :mitochondria, N :nucleus, Ly :lysosome, BM :base membrane,
de : depression, Ne :necrosis, Bk :break

그림 7. propolis 섭취와 함께 전신 5Gy 조사 후 20일 경과된 신장조직 A: 사립체 (X10,000) B: DCT (X10,000)

M :mitochondria, v :pinocytotic vesicles, BM :base membrane, N :nucleus

치한 사립체(M) 막이 손상되어 세포질이 밀려난 것으로 관찰되었다. 또한 용해소체(Ly)는 정상조직 보다 크게 관찰되었으며 가장자리 테두리가 흐릿하고 두께도 불규칙하여 방사선에 의한 손상이 심한 것으로 확인되었다 [그림 6C][그림 6D].

2.3 천연물질 섭취 후 신장의 관찰

천연물질 프로폴리스 섭취와 함께 5Gy 전신 조사한 신장조직의 곱슬세관 관찰 결과; 가장자리에 위치한 사립체들(M)의 모양이 정상 조직과 같이 선명하게 관찰되었으며, 포음소포(v)도 일정하게 배열되어 있는 것으로 나타났다. 또한 기저막(BM)의 내측 지지조직이 풍부하게 형성되어 있었으며, 세포끼리 맞닿은 세포사이 공간을 형성함으로써 속공간쪽 세포막처럼 넓은 표면적이 관찰되었다. DNA 유전인자를 포함하고 있는 핵의 구조는 인과 염색질이 풍부하게 분포된 것으로 관찰되어 방사선 피폭에 의한 소기관의 손상은 확인되지 않았다[그림 7A][그림 7B].

IV. 고찰

신장조직은 H₂O 분포가 높아 X-선, 감마선에 의한 간접효과가 크다. 지금까지 밝혀진 신장의 방사선영향은 사구체경화증과 감뇨, 배설능저하가 수반된다고 보고되었으며[8], 실제 실험 연구에서 양측 신장에 25Gy/3~5주

동안 피폭되었을 때 신경화증과 신부전증이 유발된다고 하였다[5][19].

본 연구는 이러한 신장에 대한 손상이 세포의 미세구조와 관련되어 있다고 판단되어 세포막을 포함한 소기관을 중심으로 조직학적 연구를 하였다. 이를 수행하고자 선형가속기를 이용한 X-선을 생쥐에 전신 조사하여 지금까지는 밝혀지지 않는 초미세구조의 손상 정도를 밝혀내고 방어기전을 연구하는데 중점을 두었다.

전신 방사선 조사 후 10일 경과된 마우스의 신장조직을 광학현미경으로 관찰한 결과; 1Gy 조사한 실험에서는 특정 조직에서 뚜렷한 변화는 관찰되지 않았고 신소체도 구형을 유지하고 있었다. 하지만 5Gy 조사한 실험에서는 사구체가 1Gy 조사에 비해 위축되어 있었으며, 보우만 낭과 소체 사이가 유착된 것으로 관찰되었다. 또한 먼쪽곱슬세관의 기저막 간격이 넓어진 것이 확인되었다. 10Gy 조사에서는 신소체가 정상 조직에 비해 50% 줄어들고, 기저막이 파괴되어 세포질이 흘러져 있었으며, 핵막도 비후되어 회복 불가능한 형태로 확인되었다. 이와 같은 결과로 보아 광학현미경에서는 방사선 에너지가 증가 할 수록 손상이 큰 것을 확인할 수 있었으며, 신소체와 기저막, 동맥 혈관의 내탄력관에 손상이 선명하게 관찰되었다. 하지만 세포질내의 소기관 관찰에는 한계가 있었다. 또한 프로폴리스 섭취와 함께 5Gy 조사한 실험군에서는 정맥의 모습이 정상적으로 관찰되었으며, 신소체와 동맥의 내탄력판도 선명하게 관찰되어 일부분 방어효과를 관찰할 수 있었으나 소기관을 구별하지는

못했다.

전자현미경을 활용한 미세구조는 피질의 신소체와 골슬세관 및 핵을 중심으로 세포질의 소기관 및 기저막 모습이 정확하게 관찰되었다. 5Gy 전신조사 후 20일된 조직에서는 LM에서 확인되지 않았던 사립체의 손상을 뚜렷하게 확인할 수 있었는데 주요 손상 형태는 외부 이중막의 파괴와 내부에 분포되어 있는 크리스테가 소실되어 텅빈 모습으로 관찰되었다. 또한 일부 사립체는 가장자리가 안쪽으로 함몰된 형태로 보이고 일부에서는 케사를 동반한 손상도 관찰되었다. 이처럼 사립체의 손상은 ATP 생성을 방해 하여 결국 세포의 죽음으로 진행되는 데 방사선은 특히 세포막에서 손상이 큰 것으로 확인되었다. 또한 골슬소체 내측에 위치하고 있는 핵에서도 방사선에 의한 손상을 확인할 수 있었는데 주요 손상 형태는 핵막의 한쪽 부분이 터져 염색질이 유출되고 핵소체가 흐트러지고 연한 농도로 관찰되었다. 하지만 기저막과 막내 지지조직 모습은 정상으로 관찰되어 세포의 손상에 감수성의 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 10Gy 조사 후 신장조직에서는 기저막 까지 파괴되었으며, 리소솜도 비후되어 가장자리가 흐릿하게 관찰하였다. 이같은 결과로 보아 기저막이 사립체보다 방사선 저항성이 높다는 것을 확인할 수 있었다. 프로폴리스 섭취 후 5Gy 전신 조사한 실험군은 사립체가 선명하게 분포되어 있었으며, 핵속의 염색질과 인의 형태도 진하게 관찰되었다. 또한 기저막 내외측이 선명하게 확인되었으며 내측지지 조직도 흐트러짐이 없어 방어 효과를 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 방사선에너지가 세포의 소기관 중 사립체에 가장 많은 영향을 미친다는 것을 알 수 있었으며, 따라서 세포성장에 필요한 ATP 공급을 방해하여 더 이상 세포를 성장할 수 없게 하여 기능이 상실되는 것으로 판단된다. 또한 광학현미경에서 확인할 수 없었던 리소솜의 비후를 확인할 수 있었으며, 세포막에서 손상이 시작되어 핵과 소기관을 파괴 시키는 것으로 보여진다. 따라서 본 연구를 수행한 결과 지금까지 밝혀 지지 않았던 신장조직에서 소기관들의 손상 형태와 감수성의 변화를 구체적으로 제시 할 수 있었으며, 향후 전리방사선의 손상에 따른 조직들의 변화를 연구하는 학자들의 기초 자료에 토대가 될 것으로 보여지며 또한 천연물질의 방어

기전을 확인할 수 있어 분자 세포생물학의 연구에 크게 영향을 미칠 것으로 보여진다.

V. 결론

마우스 모델을 이용한 X-선 전신조사 후 신장조직의 손상 기전과 천연물질인 프로폴리스의 방어효과 연구에서 다음과 같은 결론을 도출했다.

광학현미경관찰 결과, 사구체가 현저하게 위축되었고, 동맥내 내탄성판의 형태를 손상시키고, 골슬세관의 막사이의 간격을 넓히는 것으로 관찰되었다. 또한 골슬세관의 전자현미경관찰에서는 사립체에서 함몰 또는 막의 파괴와 피사를 가장 많이 확인할 수 있었으며, 일부에서는 핵막의 파괴와 염색질의 흐트러짐도 관찰되었다. 10Gy 조사한 조직에서는 더욱 손상정도가 심하였고 기저막과 용해소체의 손상도 관찰되었다. 하지만 프로폴리스 섭취군에서는 사립체와 핵막에서 뚜렷한 손상을 확인할 수 없었으며, 사구체 위축이나 동맥내 내탄성판도 일정하게 관찰되었다. 또한 사립체를 포함한 소기관의 세포막에서 방사선에 민감하게 작용하고, 기저막이 상대적으로 저항성이 크다는 밝혀냈다. 본 연구는 프로폴리스가 세포막 보호에 중심 역할을 하는 것으로 사료되며 방어효과가 있는 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 고영규, 김명준, 김재호, *생리학*, 4판, 라이프사이언스, pp.589-612, 2009.
- [2] 박인국, *생리학*, 10판, 라이프사이언스, pp.454-478, 2008.
- [3] K. S. H. Nadareishvili, E. D. Kakhiani, and D. I. Dzhokhadze, "The comparative radio sensitivity of the membranes of isolated nuclei extracted from various organs and tissues," *Radiobiologia*, Vol.10, No.3, pp.364-368, 1970.
- [4] J. Kobayashi, "Radiosensitivity of mammalian cells. VII. Aggregation and pseudo-glomerule

- formation of dissociated kidney cells from irradiated new born mice," J Radiat Res, Vol.13, No.3, pp.117-126, 1972.
- [5] 이상석, 박영선, 김홍태, 고성진, *의료방사선생물학, 정문각*, pp.217-218, 2005.
- [6] O. Bjarnason and S. Warren, "Late effects on kidneys in whole-body-irradiated parabiosed rats," Radiat Res, Vol.33, No.2, pp.357-363, 1968.
- [7] L. Bali, F. Silhol, A. Kateb, and B. Vaisse, "Renal artery stenosis after abdominal radiotherapy," Ann Cardiol Angeiol, Vol.58, No.3, pp.183-186, 2009.
- [8] E. P. Cohen and M. E. Robbins, "Radiation nephropathy," Semin Nephrol, Vol.23, No.5, pp.486-99, 2003.
- [9] T. R. Sweeney, "A survey of compounds from the antiradiations drug development program of the US Army Medical Research and Development Command," Washington DC. Walter Reed Army Institute of Research. 1979.
- [10] J. Yuhas, "Active versus passive absorption kinetics as the basic for selective protection of normal tissue by S-2- (3-aminopropylamono)-ethyl-phosphorothioic acid, Cancer Res, Vol.40, pp.1519-1524, 1980.
- [11] D. J. Kim and C. C. Chang, "The effect of red Ginseng extracts on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation of the kidney in γ -postirradiated mice," Korean J Ginseng Sci, Vol.18, pp.25-31, 1994.
- [12] D. Y. Kim and J. C. Chang, "Radioprotective effect of ginseng components on antioxidant enzymes glutathione and lipid peroxidation of liver in γ -irradiation mice," Korean J Ginseng Sci, Vol.22, pp.1-10, 1998.
- [13] S. R. Kim, H. J. Lee, and S. H. Kim, "The radioprotective effects of green tea and its fraction in Gamma-irradiation mice," Korea J Vet Res, Vol.43, No.4, pp.633-639, 2003.
- [14] I. Y. Jeong, "Antioxidant Activity and Radioprotection of Two Flavonoids from Propolis," J Korean Soc Food Sci Nutr, Vol.34, No.2, pp.162-166, 2005.
- [15] V. S. Bankova, S. Popov, and N. L. Marekov, "A study on flavonoids of propolis," J Nature Prod, Vol.46, No.4, pp.471-474, 1983.
- [16] W. Brumfitt, JMT. Hamilton-Miller, and I. Franklin, "Antibiotic activity of natural products," Microbios, Vol.62, No.250, pp.19-22, 1990.
- [17] M. A. El-Ghazaly and M. T. Khayal, "The use of aqueous propolis extract against radiation induced damage," Drugs Exp Clin Res, Vol.21, No.6, pp.229-236, 1995.
- [18] A. Montoro, M. Almonacid, J. Serrano, M. Saiz, J. F. Barquinero, L. Barrios, G. Verdu, and J. Perez, "Villaescusa, Assessment by cytogenetic analysis of the radioprotection properties of propolis extract," Radiat Prot Dosimetry, Vol.115, pp.461-464, 2005.
- [19] P. Teixeira Vde, M. A. Boim, H. R. Segreto, and N. Schor, "Acute, subacute, and chronic x-ray effects on glomerular hemodynamics in rats," Ren Fail, Vol.16, No.4, pp.457-470, 1994.

저 자 소 개

지 태 정(Tae-Jeong Ji)

정희원

- 2006년 8월 : 국립안동대학교 생명과학과 동물학(이학석사, 박사)
- 1998년 ~ 2003년 : 안동과학대, 대구보건대, 안동대학교 외래교수
- 2007년 ~ 2009년 : 식품의약품안전청 의료기기위원회 안전분과위원

- 2006년 9월 : 대한방사선과학회 학술이사
 - 2004년 ~ 현재 : 가야대학교 방사선학과 조교수
- <관심분야> : 생체조직의 방사선 방어 기전