

방사선 조사가 흰쥐의 Paneth 세포 변화에 대한 전자현미경적 연구

김정삼 · 정지숙 · 정경아 · 노영복

Electron microscopy study on the change of Paneth cells of rat after irradiation

Jung Sam Kim, Ji Sook Chung, Kyung A Chung and Young Bok Roh
(Received March 20, 1995)

ABSTRACT

This study observes the change of small intestine mucosa paneth cell by changing the amount of radiation to rat. It uses the rat(Wistar) of 250-300g as the experimental animal and irradiation equipment is Gammacell 3000Elan System, and the irradiation is conducted for 500Rad group for 34sec., 1000rad for 68sec., and 1500Rad for 102sec. once on the whole body of each group, each group is anesthetized with ether after 24hours, its small intestine is extrated and then it is observed by transmission electronic microscopy.

The experimental results are as follows:

1. 500 Rad Group

The Slightly elongated form of mitochondria and rough endoplasmic reticulum are observed in 500 Rad group.

2. 1000 Rad Group

Golgi apparatus is appeared as the extended plasmodium, secretory granules exist only external membrane due to the self-fusion, the number of mitochondria that are changed as L-type are reduced, rough endoplasmic reticulum is distributed with the expanded form.

3. 1500 Rad Group

The number of Golgi apparatus and granules is remarkably reduced, mitochondria is changed into C-type and free ribosomes can be observed instead of the reduction of rough endoplasmic reticulum.

서 론

독일의 물리학자인 Wilhelm Conrad Roentgen에

의해 X-선이 발견된 이후, 방사선생물학이 발전되기 전의 방사선 발견 초기에는 무분별한 방사선 사용으로 피부염, 탈모 현상 등 방사선 장애 현상이 나타나면서(Bloom, 1947) 생물체에 방사선을 조사하면 어떠한 변화가

일어나는지에 대해 많은 연구가 있었다. 특히, 포유동물 세포의 어느 부분이 방사선에 의한 세포사에 결정적인 표적인가에 대해 많은 연구가 이루어져 왔는데(Trier and Browning, 1966), 방사선이 생물체에 손상을 입히는 기전은 크게 두가지로 구분된다. 첫째, 방사선이 핵속의 DNA 사슬을 끊어 염색체 구조의 변화를 주고, 둘째, 세포속 물분자가 이온화되어 과산화수소가 되며, 세포속 유기물과 작용하여 유기과산화물을 형성하거나 지방질과 결합하여 지방과산화물을 형성하여 이들이 단백질과 효소의 -SH기를 파괴하기 때문이라고 한다(Denecamp and Rojas, 1989; McCay *et al.*, 1967). 어떤 종류의 방사선인든 생물체에 흡수되면 생물학적변화를 일으키는 일련의 반응이 일어나는데, 그 반응은 직접작용과 간접작용으로 분류될 수 있다. 직접작용은 하전 또는 비하전 입자의 방사선이 DNA에 손상을 주어 돌연변이 또는 세포사망등 생물학적 변화를 일으키는 것을 말하며, 간접작용은 세포내의 물에 작용하여 독성을 가진 이온기를 형성함으로써 표적에 작용하는 것을 말한다(Brewen *et al.*, 1972).

이러한 생물학적 변화로서 방사선에 의한 생물체의 장해를 만성장해와 급성장해로 나눌 수 있다. 만성 장해로서는 발암, 유전적변화, 수명단축 등이 있고, 급성 장해로서는 전신피폭시에는 피폭방사선량에 따라 조혈기관, 소화기계통, 혈관계 등의 장해등 크게 3가지로 구분될 수 있다. 조혈기관의 장해증상은 100Rad조사로 2~3주일후 발현되고, 200Rad 조사량이면 3주일~2개월 내에 사망할 수도 있다. 소화기계의 장해증상은 500Rad 조사로서 3~5일 이후 발현되고 1000Rad 조사후에는 3일~2주일내에 사망 할 수 있다(이, 1994).

임상적으로 자궁경부암 또는 복부임파종 등에서 치료 목적의 방사선은 그 치료 부위가 작고, 방사선량이 낮기 때문에 소화관의 상피세포가 빨리 재생되므로써 방사선 감수성이 높지만 또한 그 만큼 장해가 빨리 회복된다(허, 1985). 그러나 복부자체에 대한 조사 또는 고선량의 조사는 소화기계의 손상이 심해지는데 이러한 방사선 조사에 의한 소화관 병리를 광학현미경(LM), 투과전자현미경(TEM)과 아울러 주사전자현미경(SEM)에 의한 입체적인 관찰로 그 형태를 규명하는 것이 요구된다(Nunn *et al.*, 1990).

19세기말 Walsh가 소화관의 방사선 장해에 대해 처음 임상적인 고찰을 한이래, 이후 다른학자들에 의해 소

화성 궤양을 방사선 조사후 연속적인 생검에 의해 그형태를 광학현미경 수준에서 기술하기 시작하였다(Carr, 1981).

또한, Fajardo 등에 의하면 소장의 방사선 조사에 의한 상해 정도는 장의 유동성과 유관하므로 후복막에 고정된 십이지장이나 말단회장이 더욱 민감하다고 하였다(Berthrong and Fajardo, 1981).

Mottram과 Kingburg(1924)도 흰쥐에 radium을 조사한 후에 장(intestine)에 있어서 처음은 점액량이 증가되나 조사시간 경과에 따라서 그양은 감소될 뿐 아니라 장상피세포의 변성이 가해지고 점액생산은 정지된다고 보고 하였다.

Carr(1981)은 방사선 전신조사시 소장점막은 방사선 조사후 경과시간과 방사선 조사량에 따라 옴모나 상피세포의 형태학적 변화를 관찰한 바 상피세포는 구형으로, 세포탈락등이 관찰되며, 미용모는 짧고, 넓어지며 거대 세포가 관찰된다고 하였다.

이 실험에서는 방사선 피폭의 급성장해의 하나인 소화기계통의 장해를 알아보기 위하여 흰쥐에 방사선량을 변화시켜 소장점막 Paneth cell의 변화를 투과전자 현미경으로 관찰하고자 한다

재료 및 방법

이 실험에서는 체중 250~300g의 Wistar계의 숫흰쥐를 사용하였으며, 이들을 정상군과 실험군으로 나누었다. 실험군을 500Rad 조사군과 1000Rad 조사군, 1500Rad 조사군으로 나누었으며, 방사선 조사 24시간후 각각 6마리씩 희생시켰다.

각 실험동물은 마취 후에 소장을 적출하여 2.5% glutaraldehyde용액에 전고정한 후 수세한 다음 1% osmium tetroxide용액에 후고정 하였다. 고정된 조직은 ethanol로 탈수한 다음 Epon 혼합액에 포매하였다. 포매된 조직은 1% toluidine blue로 염색한 후 광학현미경으로 관찰하여 특정부위를 정하고 삭정한 다음 60~70nm 두께의 얇은 절편을 만들었다. 각 절편은 uranyl acetate와 lead citrate로 이중염색한 후 JEOL 2000FX II 형 투과전자현미경으로 관찰하였다.

결 과

고 찰

1. 정상군

Paneth cell은 Crypt of Liberkuhn(소장은와)의 기저부에 위치하며, 피라밋형으로 세포 아래쪽에 핵이 치우쳐있고, 핵의 위쪽에 주로 분비과립을 비롯한 세포 소 기관이 분포되어 있다.

분비과립은 약간씩 다른 전자밀도를 갖는 형태로 원형(circle)을 유지하고 있다. 또한, 세포질에는 잘 발달된 골지체와 다수의 미토콘드리아와 과립형질 내세망(Rough endoplasmic reticulum, rER)이 관찰되었다(Fig. 1).

2. 실험군

1) 500Rad군

500Rad군에서는 미토콘드리아가 길게 신장된 형태로 관찰되고, 과립형질 내세망이 많이 보이며, 약간의 과립(Granule)이 자가용해된 것이 관찰되었는데, 정상군과는 큰 차이를 나타내지 않았다(Fig. 2).

2) 100Rad군

500Rad군과 세포질의 미세구조가 대체로 비슷했으나, 과립사이에 분포한 골지체는 길게 늘어난 변형체로 관찰됐으며, 과립들은 자가용해가 일어나 밝게 나타나고 외막만 존재한다.

미토콘드리아의 수가 감소되고, 모양이 L자형의 변형된 모습으로 관찰되었고, 과립형질내세망이 팽대된 형태로 세포질 주변부로 길게 분포되었으며, 용해소체가 관찰되었다(Fig. 3).

3) 1500Rad군

1500Rad군은 골지체와 과립의 수가 현저히 감소되었으며, 미토콘드리아의 형태가 C자형으로 변화하였다. 또한, 과립은 용해되어 막자체로 관찰되며, 리보솜체들은 부착형(과립형질내세망, rER)이 줄어든 대신 유소체들이 세포질 전반에 걸쳐 증가되었다. 그리고 무과립형질내세망(sER)들이 나란히 배치 되고 총판소체들도 유착된 경우가 관찰되었다. 따라서, 다른 실험군 및 정상군의 결과와 비교해 볼때 위와같은 현저한 차이를 관찰할 수 있었다(Fig. 4).

인간이 일상생활 중에서 접하게 되는 방사선 피폭은 크게 두가지로 분류될 수 있다. 그 중 한분류는 자연방사선원으로 우주선(Cosmic ray), 지각구성 방사능물질(우라늄, 토륨 및 그 붕괴생성물질) 및 인체구성 방사성물질(K-40, Rb-87) 등에 의해 피폭되며, 이는 지구상의 인류가 자연으로부터 불가피하게 받게되는 방사선이다. 또다른 분류는 인류문명의 발전에 따라 인류에게 부과되는 인공방사선으로 치료방사선, 진단방사선, 건축자재 방출방사선, 항공여행에 의한 방사선 피폭증가, 핵실험에 의한 강하물(낙진), 원자력발전 및 핵연료 주기시설의 방사선 등이 있다(이, 1994). 어떤 경로든, 인체에 방사선 피폭을 받게 되는데, 방사선에 의한 세포의 변화가 나타나는 데에는 물리, 화학적 단계에 비하여 생물학적 단계가 훨씬 긴 시간을 필요로 한다. 다량의 방사선조사 후 수분, 혹은 수 시간이 지나면 세포막 및 핵막에 전자현미경으로 관찰할 수 있는 미세한 변화가 일어나고 막의 투과성(Permeability)이 변화하면서 일부 효소(enzyme)의 손실이 일어난다, 그러나 세포의 기능상실이나 증식능력상실 등이 나타나는 데에는 수 회의 세포주기를 거쳐야만 하므로 상당기간이 소요된다(kuwabara, 1986).

대개 방사선 상해는 급성상해와 만성상해로 대별되며, 급성상해시는 주로 crypt of Liberkuhn의 종식이 왕성한 intermitotic cell에 주로 손상을 주어서 핵의 pyknosis, karyorrhexis, irregularity 등과 아울러 cell loss, 용모 모양의 변화 등을 가져 오며, 시간이 지남에 따라 세포가 점차 탈락되며, 용모는 위축되며 가끔 erosion 등을 일으키기도 하며 sublethal dose인 경우는 crypts의 proliferative zone에서 곧 재생이 된다고 알려져 있다(Findlay, 1974).

만성상해인 경우는 주로 점막하층이나 serosa층의 혈관변화와 섬유화가 주된 병변으로 알려져 있다(Trier and Browning, 1966). 초미세형태학적으로는 급성상해에 준하는 각세포 소기관 특히, 미토콘드리아, ER의 확장과 세포막 구조물의 변화가 관찰된다(Brewen *et al.*, 1972).

Carr은 방사선 전신조사시 소장점막은 방사선 조사후 경과시간과 방사선 조사량에 따라 용모나 상피세포의 형태학적 변화를 관찰한 바 상피세포는 구형으로, 세포탈

락 등이 관찰되며, 미음모는 짧고, 넓어지며 거대세포가 관찰된다고 하였으며, 음모는 lateral villous collapse, vertical villous collapse, conical villi, rudimentary villi, flattened villi 등 5가지의 단계를 밟는다고 하였다(Carr, 1981).

방사선 피폭으로 인한 생체의 생물학적 장애 현상이 나타나는데 세포의 신생능력이 크고, 분열과정이 길며, 형태적 기능적으로 미분화되고 유약세포일수록 방사선에 감수성이 높은 현상이 나타난다(Donald *et al.*, 1970).

근래 생물체는 방사선에 조사되는 기회가 많아지고 따라서 생체에 미치는 영향은 방사선조사 조건에 따라 여러 가지변화의 결과로 나타나며, 또한 생체 각 조직은 방사선에 대한 감수성의 차이가 있으며, 특히 소장은 다른 조직보다 비교적 감수성이 높다고 인정하고 있다(Friedman, 1945). 10,000Rad 이상의 γ -ray 또는 그에 해당하는 중성자선이 전신조사되면, 포유동물 대부분은 소화기계증후군의 특이한 증상을 일으키고 수일 후에 사망한다. 특징적인 증상으로는 오심, 구토 외에도 설사가 장시간 지속되며 식욕부진, 동작완만, 기면상태가 된다. 설사가 오랫동안 지속되는 것은 좋지않은 징후이며 10,000Rad 이상의 선량이 조사되면 죽음을 피할 수 없다는 것을 보여준다. 2,3일 후에는 탈수, 체중감소, 수척 및 극도의 피로가 나타나면서 결국 사망하게 되는데 그 정확한 시간은 종에 따라 다르다. 이상과 같은 증상과 그에 이어지는 사망의 주원인은 위장관상피를 형성하는 세포의 절대수가 방사선 조사에 의해 감소된다는 사실이다(이, 1994).

소화관 점액세포 및 배상세포의 분비물인 점액질은 점액막을 형성하여 점막을 보호할 뿐 아니라 각종 소화효소의 침해작용에 대해서 보호작용을 하고 이외에도 점막상피의 선택적인 흡수 및 세포막 근접영역의 환경조성 등 중요한 생리적인 역할을 담당한다(Bennett, 1963).

Paneth cell은 사람을 비롯한 원숭이, 집토끼, 흰쥐, 마우스, 토끼 등 대다수의 포유동물에서는 주로 소장에 분포하는데 회장쪽으로 갈수록 많이 분포하고 있다(Satoh, 1984). 그러나 개, 고양이, 소, 산양 등에서는 관찰되지 않아서(Creamer, 1967; Wheeler and Wheeler, 1964) 동물의 종에 따라 차이를 보인다.

Paneth cell의 기능에 대해서는 의견의 일치를 보지 못하고 있지만, 소화효소의 분비(Lechene *et al.*, 1986), 장샘세포의 분화를촉진하는 물질의 분비(Cre-

amer, 1967) 및 lysozyme에 의한 항균작용이나 식작용에 의한 장내세균무리(intestinal flora)의 조절작용(Erlandsen and Chase, 1972; Mastly and Stradley, 1991; Satoh and Vollrath, 1986) 등이 있는 것으로 알려져있다. 또한 Paneth cell의 미세구조 중에서 분비과립의 크기 및 구조가 종에 따라 차이가 있음이 알려졌다(Hally, 1958; Satoh, 1984; Toth, 1980). 일반적으로 Paneth cell의 분비과립은 리보솜체와 과립형질내세망에서 합성된 단백질이 골지복합체를 거쳐 형성되는 것으로 알려져있다(Belinke and Moe, 1964; Creamer, 1967; Hally, 1958; Trier *et al.*, 1967).

세포가 방사선에 노출되면 여러가지 세포질소기관의 구조에 변화를 보인다. 즉, 50~1,350rad를 조사하면 세포막이 손상되고(Smith *et al.*, 1967), 530~5,000rad를 조사하면 형질내세망과 골지복합체 그리고 미토콘드리아가 손상된다(Christozova *et al.*, 1977)는 등 많은 보고가 있다.

본 실험에서는 방사선 조사량을 500Rad, 1000Rad, 1500Rad으로 방사선 조사량을 변화시켜 흰쥐에 전신조사하여 소장점막의 paneth cell을 관찰하였는데, 본 실험 1000Rad 군에서는 과립형질내세망이 팽대된 형태로 세포질 주변부로 길게 분포되었으며, 1500Rad 군에서는 과립형질내세망이 줄어든 대신 유리소체들이 세포질 전반에 걸쳐 증가 되었다. 또한, 무과립형질내세망들이 나란히 배치되고 층판 소체들도 유착된 경우가 관찰되었다. 이와같은 현상은 독성물질을 투여한 직후의 간세포에서 볼 수 있는 현상으로서 간의기능이 미약한 손상을 입은 초기에 볼 수 있으며, 좀 더 손상을 입으면 과립형질내세망이 소포화 되거나 용해된다는 보고(Ghadially, 1988)에 비추어 보아 방사선조사로 인하여 Paneth cell이 손상을 입은 형태적 표현이라고 생각된다.

그리고 1000Rad 군에서 과립사이에 분포한 골지체는 길게 느러난 변형체로 관찰되었고, 미토콘드리아는 500Rad 군에서는 길게 신장된 형태로 관찰되고, 1000Rad 군에서는 수가 감소되며, 그 형태가 L자형의 변형된 형태에서 1500Rad 군에서는 C자형으로 변화된 것을 관찰할 수 있었는데 이는 Ghadially(1988)의 급성 백혈병 세포와 배 등(1992)의 방사선 조사한 흰쥐의 흑색질의 미세구조에서와 같은 결과로 나타났다. 또한, 1500Rad군 흰쥐의 Paneth cell에서는 골지체와 과립의

수가 현저히 감소 하였으며, 리보솜들은 줄어들고, 유리소체들이 세포질 전반에 걸쳐 증가 하였는데 Toth (1980)는 동면 다람쥐의 Paneth cell에서 동면 중에는 세포의 분비기능이 약해져서 자유 리보솜의 양이 감소 되고 과립형질내세망의 증판배열이 불규칙해지며 세포질의 전자밀도가 낮아진다고 하여 전자밀도가 낮은 세포는 분비기능이 저하된 세포라고 하였다.

본 실험에서 과립이 정상군보다 실험군에서 형태의 변화와 함께 자가 용해된 것을 관찰한 바 과립내의 lysozyme이 어떤 스트레스를 받기 전에는 비활성으로 존재하는데, 방사선을 조사받으므로써 비활성에서 활성이되므로 Paneth cell에서 분비되는 lysozyme의 작용은 세균의 세포벽을 녹여내어 장내세균군을 조절한다고(Geyer, 1973)하였는데, 자가용해가 일어나 과립형태가 파괴되므로 소화효소 분비기능, 세균조절기능, 면역기능이 저하될 것으로 사료된다.

결 론

본 연구는 흰쥐에 방사선량을 변화시켜 소장점막 Paneth cell의 미세구조 변화를 관찰하기 위하여 시행하였다. 실험동물은 250~300g의 건강한 흰쥐 숫컷만을 사용하였으며, 방사선조사 장비는 Gammacell 3000 Elan을 이용하여 500Rad군에 34초, 1000Rad군에 68초, 1500Rad군에 102초씩 전신 1회 조사하여 24시간후 1마리씩 Ether 마취후 소장을 적출하여 투과전자현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 500Rad군

미토콘드리아의 신장된 형태와 과립형질내세망이 많이 관찰되었다.

2) 1000Rad군

분비과립 사이에 분포한 골지체는 길게 늘어난 변형체로 관찰되었고, 분비 과립들은 자가용해가 일어나 밝게 나타나고 외막만 존재한다. 또한 미토콘드리아 수는 감소되었고, L자형의 모습으로 관찰되었으며, 과립형질내세망이 팽대된 형태로 분포하였다.

3) 1500Rad군

골지체와 과립의 수가 현저히 감소 하였으며, 미토콘드리아는 C자형으로 변화하였고, 과립형질내세망이 줄어든 대신 유리소체들을 관찰할 수 있었다.

감 사

이논문은 1994년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구 되었음

참 고 문 헌

- Bennett, H.S. 1963. Morphological aspects of extracellular Polysaccharides. J. Histochem. Cytochem, 11: 11 : 14.
- Belinke, O. and Moe, H. 1964. An electromicroscope study of mature and Differentiating Paneth cells in the rat, especially of their endoplasmic reticulum and lysosomes. J. cell Biol, 22:633-652.
- Berthrong, M and Fajardo, L.M. 1981. Radiation in Jury in Surgical Pathology Part II. Alimentary tract. Am. J. Surg. Pathol, 5:153-178.
- Bloom, Q. 1947. Histological Changes following radiation exposure. Radiology 49:344-347.
- Brewen, J.G., Preston, R.J. and Littlefield, L.G. 1972. Radiation-induced Human Chromosome Aberration Yields following an Accidental whole-Body Exposure to ^{60}Co γ -rays, Radiation reserch. 49. 647-656.
- Creamer, B. 1967. Paneth-cell function. Lancet. 1, 314-316.
- Christozova, A., Tileva, M.M. and Dragir, M. 1977. Morphologic electron microscopic study of changes in endometrial epithelial cells after irradiation with a dose of 1,000rads. Folia. Morphol. 25:289-294,
- Carr, K.E. 1981. Scanning electron microscopy of tissue response to irradiation. Scanning Election Microscopy. 4:35-46.
- Donald, J., Pizzarello, R. and Witcotski, L. 1970. Medical Radiation Biology. Lea & Febiger.
- Denecamp, J. and Rojas, A. 1989. Cell Kinetics and radiation on pathology. experientia(Basel) 45:33-41.
- Erlandsen, S.L. and Chase, D.G. 1972. Panethcell function: Phagocytosis and intracellular digestion of intestinal microorganisms. I. Hex-

- amita muris. J. Ultrastruct. Res. 41, 296-318.
- Friedman, N.B. 1945. Cellular dynamics in the intestinal mulosa; the effect of irradiation on epithelial maturation and migration. J. exp. Med. 81:553:558.
- Findlay, J. and Newaishy, G. 1974. Role of gastric irradiation in management of Paptic ulceration and esophagitis. Br. Med. J. 3:769-771.
- Geyer, G. 1973. Lysozyme in Paneth cell Secretion. Acta, Histochem. 45, 126-132.
- Ghadially, F.N. 1988. Uitrastructural Pathology of the cell and cell and matrix. 3rd de, Butterworths, London, pp 436-437. 960-961.
- Hally, A.D. 1958. The fine structure of the Paneth Fell. J. Anat. 92. 268-277.
- Kuwabara, Y. and Matsubara, S.1986. Combined effects of ultrasound and Ionizing Radiation of Lymphocyte Chromosomes. Tokyo Medical. 113.
- Lechene de la Porte, P., Lafont, H. and Lombardo, D. 1986. Immunocytochemical localization of Pancreatic Carboxylic ester hydrolase in haman Paneth Cells, Histochemistry. 86. 211-214.
- Mottram, J.C and Kingsburg, A.N. 1924. Action of radium and Roentgen rays correlation production of intestinal changes. Thrombopemia and bacterial invasion, Ibid. 5:200.
- Mc Cay, P.B., Macfarlane, M.G. and Boyland, E. 1963. Lipid Peroxide in livers of irradiated rats. Nature, 198. 98-99.
- Masty, J. and Stradley, R.P. 1991. Paneth cell degranulation and lysozyme secretion during acute equine alimentary laminitis. Histochemistry. 95. 529-533.
- Nunn, S., Ruth, S.T. and GILIUORE, C. 1990. Exudate Variation in the rabbit gastrointestinal tract: a scanning electron microscope study. J. Anat 170. 87-98.
- Satoh, Y. and Vollrath, L.1986. Quantitative electron microscopic obervations of Paneth ceus of germfree and exgermfree wistar rats. Anat. Embryol. 173. 317-322.
- Staley, M.W. and Trier, J.S.1965. Morphologic heterogeneityof mouse paneff cell granules Before and after and affer secrefary stimulation. Am. I. Anat. 117:365-384.
- Satoh, Y.1984. Ultrastructure of Paneth cells in germ-free rats, with special reference to the secrefory granules and lysosomes. Arch. Histol. Jap. 47, 293-301.
- Smith, E.B., White, D.C., Hartsock, R.J. and Dixon, A.C.1967. Acute ultrastructural effects of 500 roentgens on the lymph node of mouse. Am.J. Pathol.50;159-175.
- Trier, J.S. and Browning, T.H.1966. Morphologic response of the mucosa of human small intestine to X-ray exposure, T. Clin. Invest., 45: 194-204.
- Trier, J.S., Lorenzsonn, V. and Groehler, K. 1967. Pattern of secretion of Paneth cells of the small intestine of mice. Gastro enterology 53. 240-249.
- Toth, D.M.1980. Ultrastructural Change in Paneth cells during hibernation in the ground squirrel spermophilus lateralis. Cell Tissue Res. 211, 293-301.
- Wheeler, E.J. and Wheeler, J.K. 1964. Comparative study of paneth cells in vertebrates. Anat. Rec 148. 350.
- 이상석외.1994. 방사선 생물학. 정문각.
- 허 준.1985.방사선 생물학.신광출판사.pp.18-19.
- 배학근 등.1992. 머리에 방사선 상해를 받은 흰쥐 흑색 질의 미세구조. 한국전자현미경학회지, 22:30-45.

FIGURE LEGENDS

- Fig. 1.** Normal group of paneth cell investigated many of secretory granules(Sg), golgi complex(G), Rough Endoplasmic Reticulum(ER),and mitochondria(M). Scale bar = 0.13 μ m
- Fig. 2.** 500Rad group of paneth cell investigated Extended mitochondria(M) and golgi complex(G), spreaded rough endoplasmic reticulum(ER), and disolved secretory granules(Sg). Scale bar = 0.13 μ m
- Fig. 3.** 1000Rad group of paneth cell investigated loosed golgi complex(G),L-type mitochondria(M), lysosome(L) and rough endoplasmic reticulum(ER). Scale bar = 0.13 μ m
- Fig. 4.** 1500Rad group of paneth cell investigated decreased secretory granules(Sg), C-type mitochondria(M) and Ribosome(R). Scale bar = 0.13 μ m



