

번식기, 비번식기 및 손상상태에 따른 한국꿩 고환의 면역조직화학적 연구

양홍현 · Karl-Heinz Wrobel¹ · 이영훈 · 백영기 · 김인식
전북대학교 수의과대학 해부학교실

An Immunohistochemical Study of Pheasant Testis in Active, Inactive and Damaged States

H. H. Yang · K. H. Wrobel¹ · Y. H. Lee · Y. K. Paik · I. S. Kim

Department of Anatomy, College of Veterinary Medicine
Chonbuk National University, Chonju, Korea 560-756

ABSTRACT

In order to achieve optimal reproductive performance, reliable morphological and physiological basic data on the reproductive organs are desirable. Adult male Korean ring-necked pheasant in inactive(mid of January) and active state(end of April) were used in this study. In addition, five active state pheasants were received a single dose of ⁶⁰Co-ray 500 rads each to damage the testes. The objective of this study was to investigate the distribution pattern of protein gene product (PGP) 9.5 and α -tubulin in the pheasant testes of the active, inactive and γ -ray irradiated active states. The results obtained were summarized as follows

1. The seminiferous tubules collected in inactive states(mid of Jan) showed narrow lumen, and the spermatogonia and the Sertoli cell were well preserved. The PGP 9.5 immunoreactivity of these tubules showed a positive reaction in paranucleus area of the spermatogonia, and a positive reaction in a small number of the Leydig cells in the interstitium of the seminiferous tubules.
2. The seminiferous tubules were dilated in active state(end of April) as compared with the inactive state. The PGP 9.5 reactivity in these tubules showed a positive reaction in many Leydig cells in the interstitium of the seminiferous tubules, and the testes of γ -ray irradiated group showed partially weak reaction in the interstitium of the seminiferous tubules.
3. The α -tubulin reactivity in the seminiferous tubules of the inactive testes was strongly positive in the cytoplasmic process of the Sertoli cell from the basal stem region to the apical extension. From the broad part of the stem region to the luminal space, the active testes showed a strong positive reaction. The γ -ray irradiated groups showed diminished reaction in the basal region.

(Key words : seminiferous tubules, Korean ring-necked pheasant, immunohistochemistry, PGP 9.5, α -tubulin)

본 연구는 1994학년 학술진흥재단 국비해외파견연구의 지원으로 연구되었음.

¹ Institute of Anatomy, University of Regensburg, Regensburg, Federal Republic of Germany.

서 론

고환내 실질조직은 細精管(seminiferous tubule)과 간질조직으로 이루어져 있으며, 세정관내에는 성장중에 있는 여러 단계의 생식세포들과 이들을 지지하면서 영양을 제공하는 Sertoli 세포로 이루어져 있다. 이들은 번식기와 비번식기에 따라 그리고 외부에서 가해지는 주위환경에 따라라도 세포의 구성과 분포 및 그 형태가 달라질 수 있다. 이들 중 세정관 상피는 생식세포들의 분열과 분화가 되며 다기능적인 Sertoli 세포는 정자형성의 조절에 중요한 역할을 할 뿐 아니라 세정관 상피의 주기적인 변화과정에서 모양, 내부구조의 변화가 일어난다(Russell 등, 1981; Vogl과 Soucy, 1985; Amlani와 Vogl, 1988; Wrobel과 Schimmel, 1989; Pawar와 Wrobel, 1991; Wrobel 등, 1993). 이들의 변화는 세포골격(cytoskeleton)의 성분과 관련이 있다고 보고되어 있다. 더우기 세포골격 세사(filament)는 혈액-고환 장벽(blood-testis barrier)의 형성, Sertoli 세포와 정자형성세포 사이의 접촉면 형성, 그리고 수직방향으로 생식세포의 이동과 정자를 방출하는 기능과도 관련이 있다. 따라서 Sertoli 세포는 고도로 운동성이 있는 세포이기 때문에 세포골격에 관한 연구의 중요한 모델로써 의의가 크다.

그러므로 Sertoli 세포의 부위에 따라 존재하는 미세원섬유(microfilament)에 관하여 다양하게 연구한 보고도 있다(Nicander, 1963; Dym과 Fawcett, 1970; Dym, 1973; Kaya와 Harrison, 1976; Dym과 Cavicchia, 1977; Russell, 1977a, b, & c; Pellétier, 1990; Toyama 등, 1990).

척추동물의 Sertoli 세포에서 나타나는 ectoplasmic specialization은 actin filament 층과 인접부의 세포간 결합과 관련이 있는 형질막으로 구성되어 있으며, 진수류(eutherian mammals)에서의 ectoplasmic specialization은 정자세포와 Sertoli 세포가 부착되는 부분부터 기저부의 혈액-고환 장벽이 있는 Sertoli 세포 사이에 나타난다고 보고되어 있다(Nicander, 1967; Flickinger와 Fawcett, 1967; Fawcett, 1975; Russell, 1977a, & b). 비포유류 척추동물에서는 ectoplasmic specialization이 정자세포와

의 결합부위에 가끔 나타나는데, 이 구조의 소조(cisterna)는 존재하지 않는 것에 관해서도 보고된 바 있다(Baccetti 등, 1983; Stanley와 Lambert, 1985).

최근에는 Pfeiffer와 Vogl(1993)은 닭과 거북이에서 ectoplasmic specialization이 actin을 함유한 복합체 구조로 Sertoli 세포들간의 접합부에 나타난다고 하였다. 이상과 같은 여러 연구결과들을 미루어 볼 때 Sertoli 세포의 형태적 특징과 ectoplasmic specialization을 이루는 세사는 계절번식 동물의 종간은 물론 동일한 종(species)이라 하더라도 활성기와 비활성기 즉, 번식기와 비번식기에 따라 차이가 나타나리라 생각된다. 세정관 사이의 간질조직내에 있는 Leydig 세포는 영양류를 비롯한 가축, 실험동물 등에서 그의 분포, 형태적 특징, 기능, 조절요인, 기원과 주기적 활성화에 관해 연구되어 왔다. 또한 Leydig 세포의 미세구조는 steroid hormone을 분비하는데 필요하며, 이중 중요한 androgen을 생산하는 세포소기관은 무과립형질내세망(smooth endoplasmic reticulum)과 사립체에 연관이 있음을 보고한 바 있다(Ewing 등, 1981). 그리고 생쥐(Hrudka와 Latshaw, 1993), 흰쥐(Mori와 Christensen, 1980), 개(Connell과 Christensen, 1975)와 사람(Prince, 1992)에서 보고되었다.

계절번식 동물은 pineal-hypothalamus pituitary gonads 축과 번식활동주기를 연구하는 최상의 모델이다. 최근의 연구에 의하면 사람의 세정관 간질의 Leydig 세포는 산재성 신경내분비세포이거나 paraneuron 족에 속한다고 보고된 바 있다(Davidoff 등, 1993). 이는 catecholamine 합성효소와 소수의 조절 peptide와 calcium 결합 단백질 등을 면역세포화학적 으로 증명하였다. 따라서, 이 세포를 면역조직화학적 으로 관찰한다면 이 세포의 기능을 형태적으로 더욱 뚜렷하게 확인할 수 있을 것이다.

방사선이 고환내 생식세포, Sertoli 세포 및 Leydig 세포기능에 미치는 영향에 관한 연구는 Pinon-Latallade 등(1988)이 2개월령의 흰쥐에서 gamma ray를 단일조사하여 조직학적인 방법과 자기방사기록법을 이용한 연구 보고가 있고, Hugon과 Borgers(1965)는 전신조사한 생쥐의 정조세포와 Sertoli 세포

의 미세구조적 및 세포화학적 변화를 관찰한 결과, 400 rads 방사선을 단일조사한 후 정조세포의 형태적 초기변화는 무과립형질내세망과 사립체가 확장되며 핵막은 부종이 나타나고 이후에는 손상을 받은 정조세포는 인접한 Sertoli 세포에 의해서 탐식되어 Sertoli 세포내에 많은 치밀소체(dense bodies)를 형성한다고 보고되어 있다.

방사선이 호르몬의 분비에 미치는 영향에 관한 연구를 살펴보면 성숙 흰쥐에 ^{60}Co -ray를 330 rads 전신조사한 후 고환의 조직학적 변화 및 혈청내 LH, FSH 및 testosterone의 농도 변동을 관찰한 결과 실험 전 기간에 걸쳐 간접적 또는 직접적으로 혈청내의 호르몬 농도에는 영향이 없었으므로 정조세포, 정모세포 및 정자세포가 선택적으로 사멸되는 것은 Sertoli 세포와 Leydig세포의 기능에 영향이 없었다고 하였다(Cunningham과 Huckins, 1978).

이와 같이 포유동물류에서는 방사선 조사에 따른 세정관의 손상에 관한 연구가 다각적인 방법으로 폭넓게 이루어지고 있고 일반적으로 조류는 포유동물류보다 방사선에 저항성이 강하다고 알려져 있다(Elkind와 Hall, 1972; Kim, 1987). 그러나 조류에 방사선을 조사하여 곡세정관내의 정자발생계 세포에 미치는 영향에 관한 형태학적 연구 특히, 형태의 골격을 이루는 미세소관에 관해서는 별다른 연구보고가 없는 상태이다.

그러므로 계절번식조류인 꿩에서 고환 세정관의 기능을 번식기와 비번식기로 나누어 비교하고, 번식기의 세정관에 ^{60}Co -ray를 조사한 후 나타나는 영향에 따른 관련성을 면역조직화학적 방법으로 알아보기 위해 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 동물은 16~18개월령(1,200~1,400 g)의 건강하고 성숙한 한국산 수꿩(Korean ring-neck pheasant)을 대조군으로 비번식군과 번식군에서 각각 5마리, 실험군으로 번식기의 꿩 5마리에 방사선을 조사하여 실험에 사용하였다. 실험동물은 경동맥을 통하여 방혈시키고 희생시킨 후 복강을 절개하고, 복부대동맥(abdominal aorta)을 통하여 고정액 I (0.1 M 인산완충액에 4% paraformaldehyde,

15% v/v picric acid, 0.1% glutaraldehyde 용액, pH 7.4)으로 관류고정시켰다. 관류고정한 고환을 적출하여 고정액 I에 20분 동안 침지 고정한 후 고정액 II (고정액 I에서 glutaraldehyde 용액을 제거함)에 2시간 동안 고정하고 0.1 M 인산완충액으로 수세한 후 Tissue-Tek O.C.T. Compound로 포매한 후 동결절편기를 사용하여 10 μm 절편을 얻어 면역세포화학적 반응 실험을 시행하였다.

동결절편한 조직의 단백질에 의한 비특이적 면역반응을 막기 위하여 20% normal goat serum(NGS)으로 1시간 동안 전처리하고 일차항체로 rabbit anti-human protein gene product(PGP) 9.5(UltraClone, Isle of Wight, UK)를 희석(1:5,000)하여 실온에서 14~16시간동안 반응시킨 후 PBS와 Tris-HCl buffer(TBS, pH 7.4)로 세척하였다. 이차항체로서 goat anti-rabbit /biotinylated 또는 goat anti-mouse /biotinylated IgG(from Jackson, West Grove, Pa., USA)를 1:200으로 희석하여 실온에서 60분 동안 반응시킨 후 TBS로 세척하였다.

ABC(avidin-biotin-peroxidase complex) 용액에 실온에서 60분 동안 반응시킨 후 TBS로 세척하였고, TBS에 diaminobenzidine(DAB)을 혼합한 기질용액에 실온에서 30분간 방치한 후 DAB로 발색한 후에 탄올로 탈수하고 봉입하여 검경하였다.

결 과

1. PGP 9.5 면역염색반응

꿩의 고환 세정관이 비활성기인 1월 중순에 수집한 꿩의 세정관은 관강이 좁고 세정관 기저부에는 정조세포와 불규칙한 핵의 외형을 지닌 Sertoli 세포가 관찰되었다. PGP 9.5 반응은 정조세포(spermatogonia)에서 세포의 핵주변부에 강한 양성반응을 나타내었고, 세정관 사이의 간질조직에 나타나는 소수의 Leydig 세포가 모여 있는 곳에 중등도의 양성반응을 나타내었다(Fig. 1a).

꿩의 고환 세정관이 활성기인 4월 하순에 수집된 세정관의 형태는 관강이 비활성기에 비하여 세정관의 관강이 확장되어 있었으며, 세정관 사이에는 다수의 Leydig 세포가 강한 염색반응을 나타내었고 비활성기

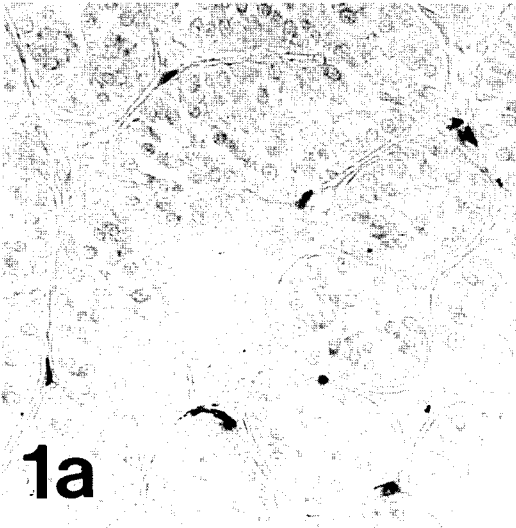


Fig 1a. Immunoreaction of PGP 9.5 seminiferous tubules of the pheasant, inactive state (mid of January). Immunoreactivity shows in paranucleus area of the spermatogonia and Leydig cells. $\times 200$.

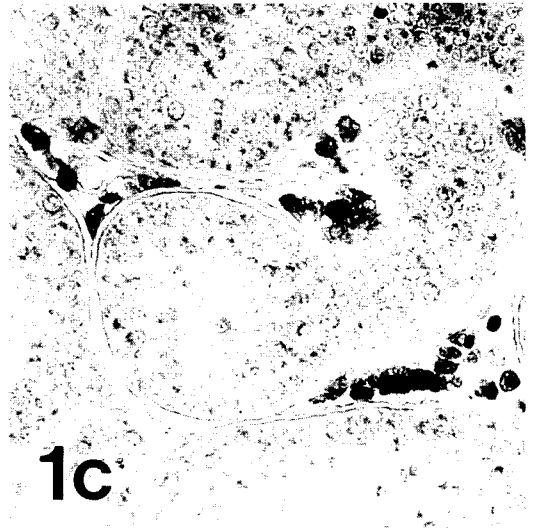


Fig 1c. Immunoreaction of PGP 9.5 seminiferous tubules of the pheasant, active state, ^{60}Co -ray irradiation (end of April). Interstitium shows partially weak reaction. $\times 200$.

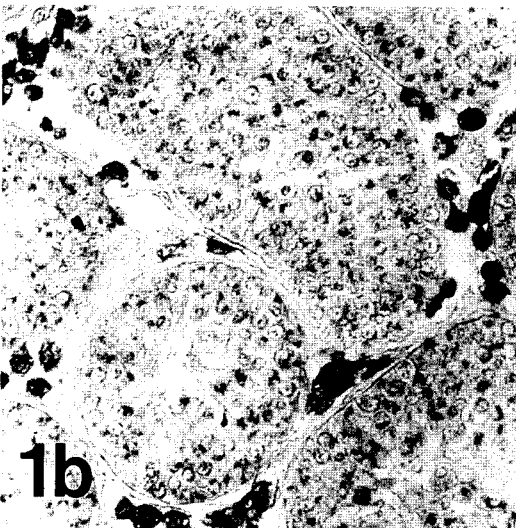


Fig 1b. Immunoreaction of PGP 9.5 seminiferous tubules of the pheasant, active state (end of April). Immunoreactivity shows in large number of Leydig cells. $\times 200$.

보다 많은 수의 Leydig 세포가 출현하였다 (Fig. 1b).

꿩의 활성기인 4월 하순에 ^{60}Co 500 rads를 조사한 고환군은 활성기의 비조사 세정관 간질조직의 반응과 대체로 유사한 반응을 나타내었지만 부분적으로 미약하게 나타난 Leydig 세포들이 모여 있는 부분을 관찰할 수 있었다 (Fig. 1c).

2. α -Tubulin 면역염색반응

비활성기인 1월 중순경에 수집한 꿩 고환 세정관 표본에서의 α -tubulin 염색반응은 정조세포의 핵주변부와 Sertoli 세포 기저부 및 첨단부의 세포질돌기에 α -tubulin이 가느다랗고 뚜렷하게 나타나는 것을 관찰할 수 있었다 (Fig. 2a).

꿩의 활성기인 4월 하순의 고환 세정관에서는 α -tubulin에 양성 반응을 보이는 부위가 세정관 기저부에서 첨단부로 향하여 기저부 부위는 폭이 넓고 관강의 중앙을 향하여 더욱 길게 뻗은 형태로 반응을 나타내었다 (Fig. 2b).

꿩의 고환이 활성기인 4월 하순에 ^{60}Co 500 rad를 조사한 α -tubulin 면역반응은 활성기 반응과 유사하



Fig 2a. Immunoreaction of α -tubulin seminiferous tubules of the pheasant, inactive state(mid of January). Immunoreactivity shows in cytoplasmic process of Sertoli cells. $\times 200$.

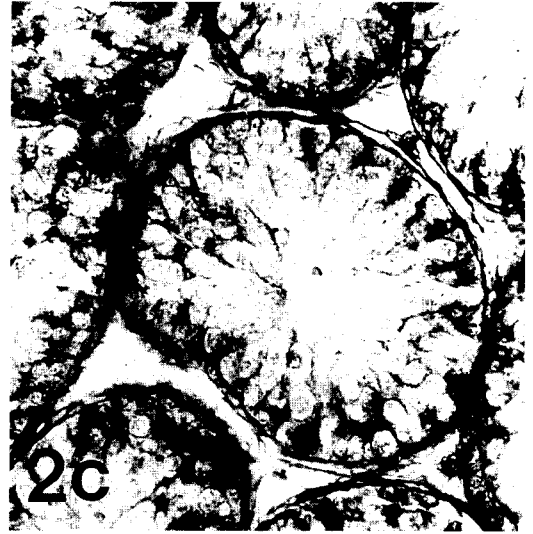


Fig 2c. Immunoreaction of α -tubulin seminiferous tubules of the pheasant, active state, ^{60}Co -ray irradiation(end of April). Immunoreactivity reduced in cytoplasmic process of Sertoli cells. $\times 200$.



Fig 2b. Immunoreaction of α -tubulin seminiferous tubules of the pheasant, active state(end of April). Immunoreactivity shows in strong positive reaction in the basal region of Sertoli cells. $\times 200$.

지만 일부 세정관이 부분적으로 기저부에서 반응이 소실된 부분을 관찰할 수 있었다(Fig. 2c).

고찰

꿩은 동남아시아 지역에서 텃새로 서식하는 계절번식 조류의 하나이다. 꿩을 가금화시켜 널리 사육하면서 이 조류의 번식에 관한 연구에 많은 관심을 가지게 되었다. 그러나 계절번식하는 포유류와는 달리 고환내 세정관의 발달에 관한 연구는 잘 알려지지 않은 부분이 많다. 특히 세정관 간질세포인 Leydig 세포에서 합성되어 분비되는 testosterone은 수컷동물의 생식세포의 분화와 정자발생을 유지시키며 2차 성징을 나타내는 필수적인 호르몬으로 간질세포에서 합성되어 분비되는 과정에서 뇌하수체와 상호연관성이 있는 것으로 알려져 있다(Eik-Nes, 1975). 본 연구와 관련있는 한국산 꿩에서 세정관의 상피와 혈청내 testosterone, LH 및 FSH의 농도와와의 관련을 계절적으로 조사한 보고도 있다.(양홍현 등, 1997)

PGP ubiquitin carboxyl-terminal hydrolase (Wil-

kinson 등, 1989)의 L1 isozyme (neuronal PGP 9.5)은 고환조직에서 western blotting으로 확인되었다(Wilkinson 등, 1992). 이 ubiquitin은 닭의 고환의 정자형성세포인 정조세포와 정자세포에서 반응을 보인다고 보고되고 있으나, 본 실험에서는 정조세포뿐 아니라 Leydig 세포에서도 반응을 나타내어 비활성기에는 수소에서 이 세포에서 약한 반응을 나타내었고 활성기에는 강한 염색반응을 나타내었으며 ^{60}Co 500 rads 조사군에서는 일부 간질세포가 반응이 결여되어 나타났다. 그러므로 이 면역염색은 Leydig 세포의 기능을 파악하는데 유용한 기법의 하나로 생각된다.

더우기 이들 생물학적으로 활성적인 물질은 고환의 autocrine 및 paracrine 조절기작과 관련이 있다고 하였다(Chiwakata 등, 1991; Angelova 등 1991). 따라서 본 실험에서도 신경세포에서 neuronal marker로 작용하는 PGP 9.5 면역반응은 Leydig 세포에서 뚜렷한 양성반응을 나타내는 것이 확인될 수 있었다.

Steger 등(1994)도 성숙한 양과 수소에서 세정관에서의 F-actin의 구조와 vimentin과 α -tubulin의 출현에 관한 보고에 의하면 세정관 상피주기와 특별한 관련성이 있는 변화를 나타내었다. 면역반응은 두 종류 동물에서 동일하게 반응하므로 일반적인 새끼질동물류는 동일한 분포양상을 나타낸다고 하였다.

고환 세정관 상피에서의 세포골격 단백질을 면역반응으로 관찰하였을 때 가장 두드러진 면역반응은 Sertoli 세포가 가지는 미세섬유, 중간세사와 풍부한 미세소관을 가장 뚜렷하게 볼 수 있었으며, 양과 소의 생식세포에서의 F-actin과 tubulin이 미세소관내에 있고 이들의 분포양상 역시 비슷함을 관찰한 바 있다(Steger 등, 1994).

본 실험에서도 α -tubulin은 포유류와 유사한 반응을 나타내지만 분포양상은 약간은 차이가 있음을 확인할 수 있었다. Vimentin은 본 실험의 예비실험과정에서 실험을 행하였으나 Sertoli 세포내에서 반응을 나타내지 않아 포유류와 조류와의 차이인지 또는 조류에서는 이 세포에서 vimentin의 분포가 희박하고 대신 α -tubulin의 분포의 변화가 주로 Sertoli 세포의 크기의 변화에 관여하는지도 더욱 연구가 필요하리라 생각한다.

Oakberg(1971a,b)는 쥐에 저선량의 방사선을 조

사한 후 많은 정조세포의 변성이 발생한다고 보고하였고, 특히 생쥐에 150 rads를 전신조사시키면 생식줄기 세포(stem cell)를 제외한 거의 모든 정조세포의 재생력이 없어진다고 보고하였다. Withers 등(1974)은 생쥐에서 줄기세포 생존률의 측정방법의 하나로 줄기세포가 생존해 있으면 정자발생세포를 재생시킬 수 있다고 하였다. 이와 같은 설치류 실험동물에서 실시한 저선량에서 정조세포의 변화상은 본 실험의 500 rads 조사군에서 나타난 조직변화상과 상당한 차이를 나타내는 것으로 보아 조류인 꿩에서는 방사선에 대한 저항성에 차이가 있음을 알 수 있었다.

Courot(1963)는 18~63일령의 미성숙 양의 고환에 500 rads에 이르는 양의 X-ray를 조사하여 Sertoli 세포의 수가 50%까지 감소되었다고 보고한 바 있다.

본 실험에서는 ^{60}Co 500 rads 단일조사군에서도 Sertoli 세포의 핵막은 거의 손상받지 않은 것으로 보아 조류의 Sertoli 세포는 포유동물의 것보다 방사선에 저항성이 큰 것으로 사료된다. 그러나 방사선에 조사된 실험군에서는 세포소기관인 α -tubulin이 손상을 받았다.

최근에 Pelletier(1988)는 Sertoli 세포연접부의 조절에 관한 연구에서 번식기가 없는 닭과 계절번식하는 청둥오리에서 이 구조의 다양함을 보고하였다. 이와 같이 계절번식하는 동물에서 세정관의 기저막에 배열되어 있는 정조세포와 Sertoli 세포는 번식기와 비번식기에 형태와 그 기능이 현저한 차이를 나타낸다. 조류에서의 Sertoli 세포에 관한 연구는 초기에 주로 광학현미경적인 연구로 국한되어 시작되었고, 단지 지지세포로 인식되어 주된 관심은 생식세포에 초점을 맞추고 정자세포형성과 정자형성의 기전에 관한 것이었다. 가끔에서 Sertoli 세포의 전자현미경적 연구는 Nagano(1959)부터 시작하여 Cooksey와 Rothwell(1973)이 가끔에서 Sertoli 세포의 분화와 미세구조가 다른 척추동물과 유사함을 보고하였고, Osman(1980)은 가끔의 Sertoli 세포와 생식세포면과의 형태를 전자현미경적으로 연구하였으며, 최근에는 Pelletier와 Byers(1992)가 가끔과 청둥오리에서 Sertoli 세포의 투과성 및 핵액-고환 장벽에 관한 전자현미경적 연구가 다각적으로 수행되었다.

양홍현 등(1994)은 Sertoli 세포의 형태적 변화가

번식기와 비번식기에 따라 조직학적 및 전자현미경적으로 현저한 변화를 관찰할 수 있었다. Vogl 등(1983)은 계절번식하는 다람쥐에서 Sertoli 세포의 형태를 광학 및 전자현미경적으로 관찰한 바, 특히 정자형성기의 곡세정관 상피에서 일어나는 세포골격의 변화상과 관련이 있다고 보고하였다. 이들 변화 경과중 신장된 정자세포가 기저부에서 첨부를 향하여 이동하고 생식세포로부터 잔류세포질이 탈락되어 Sertoli 세포의 기저부와 첨부 사이의 무과립형질내세망이 이동하는 것이 정자의 이탈과 관련이 있다고 보고하였다. Vogl(1988)은 흰쥐의 미세소관의 분포와 일반적으로 비슷하였지만 다람쥐에서 Amlani와 Vogl(1988)이 보고하였던 것과는 광범위하지 않은 것으로 보아 이러한 변화가 일반적으로 포유동물 정자형성의 특징으로 인정하였다.

이와 같은 연구와 본 연구에서 얻어진 계절적인 변화에 따른 Sertoli 세포 면역반응 염색의 변화와 전자현미경적인 연구를 통한 미세구조의 양적인 변화를 결부시켜 세포질 돌기에 각종 세포소기관이 변화되는 정도를 확인하는 것은 의미가 있을 것이다. 손상상태의 세정관의 기능에 영향을 미치는 것에 관한 연구는 방사선 조사 선량별로 단계적인 연구가 시도되어야 할 것이다.

적 요

계절번식조류의 하나인 꿩은 계절번식 포유류와 다르게 고환내 세정관의 발달에 관한 각종 형태학적 연구는 잘 알려지지 않은 부분이 많다. 그리고 계절의 변화에 따른 형태학적 차이는 내분비기능과도 명확하게 구분하여 기능과의 관련성을 알아볼 필요가 있다.

따라서 본 연구는 최근에 형태학적 연구에 많이 적용되는 면역조직화학적 기법인 PGP 9.5 반응과 α -tubulin 반응을 적용하였다. 꿩은 고환 세정관이 비활성기인 1월 중순에 수집한 군과 활성기인 4월 하순에 수집한 군과 활성기에 ^{60}Co 500 rads 조사군으로 구분하여 실험하였다.

꿩 세정관의 PGP 9.5 면역반응은 포유류와는 다르게 Leydig 세포에서 강한 염색반응을 나타내었으며, ^{60}Co 500 rads 조사군에서도 Leydig 세포에 부분적으

로 반응이 미약하게 나타난 부분을 관찰할 수 있었다.

꿩 세정관 α -tubulin 면역염색반응은 비활성기에 Sertoli 세포의 기저부에서부터 첨단부로 향하여 가는 다랗게 뻗어난 Sertoli 세포의 세포질돌기에 뚜렷한 반응을 나타내었다. 활성기에는 기저부의 폭이 넓은 부분에서부터 관강의 중앙을 향하여 강한 염색반응을 나타내었다. ^{60}Co 500 rads 조사군에서는 기저부에서 반응이 소실된 부위를 관찰할 수 있었다. 그러므로 면역활성반응이 나타나는 부위가 꿩의 세정관 활성기와 비활성기에 따라 반응하는 분포의 차이와 정도를 구분할 수 있었고 손상상태의 면역반응 감소를 확인할 수 있었다.

그러므로 이 면역반응실험으로 Leydig 세포의 기능과 Sertoli 세포의 α -tubulin이 계절의 변화에 따라 변화하는 양상과 손상시의 세정관에 미치는 영향을 확인할 수 있었다.

(색인: 한국꿩, 고환조직, 세정관, PGP 9.5, α -tubulin)

인용문헌

Amlani S, Vogl AW 1988 Changes in the distribution of microtubules and intermediate filaments in mammalian Sertoli cells during spermatogenesis. *Anat Rec* 220:143-160.

Angelova PA, Davidoff MS, Kanchev LN 1991 Substance P inhibits testosterone secretion of isolated Leydig cells. *Andrologia* 23:325-327

Baceetti B, Bigliard E, Talluri MV 1983 The Sertoli cell in lizards. *J Ultra Res* 85:11-23.

Chiwakata C, Brackmenn B, Hunt N, Davidoff MS, Schulze W, Ivell R 1991 Tachykinin (Substance P) gene expression in Leydig cells of the human and mouse testis. *Endocrinol* 128:2441-2448.

Connell CJ, Christensen K 1975 The ultrastructure of the canine testicular interstitial tissue. *Biol Reprod* 12(3): 368-382.

Cooksey EJ, Rothwell B 1973 The ultrastructure

- of the Sertoli cell and its differentiation in the domestic fowl (*Gallus domesticus*). J Anat 114:329-345.
- Courot M 1963 Some results obtained in the irradiation with X-ray on testes of lambs. In "Effects of Ionizing Radiation on the Reproductive System(Carlson W, Gassner F, eds). Pergamon Press, New York 279-286.
- Cunningham GR, Huckins C 1978 Serum FSH, LH and testosterone in ^{60}Co r-irradiated male rats. Radiat Res 76:331-338.
- Davidoff MS, Schultze W, Middendorff R, Holstein AF 1993 The Leydig cell of the human testis a new member of the diffuse neuroendocrine system. Cell Tiss Res 271: 429-439.
- Dym M 1973 The fine structure of the monkey (*Macaca*) Sertoli cell and its role in maintaining the blood-testis barrier. Anat Rec 175:639-657.
- Dym M, Cavicchia 1977 Further observations on the blood-testis barrier in monkeys. Biol Reprod 17:390-403.
- Dym M, Fawcett DW 1970 The blood-testis barrier in the rat and the physiological compartmentation of the seminiferous epithelium. Biol Reprod 3:308-326.
- Eik-Nes KB 1975 Biosynthesis and secretion of testicular steroids. In Handbook of Physiology, Pages 95-115.
- Eids RO, Greep EB, Astwood DW, Hamilton & S. Geiger. American Physiol. Soc., Washington D.C.
- Elkind J, Hall MAD Sr. 1972 Radiology for the Radiologist, Harper & Row Co. New York. Pages 205-271.
- Ewing LL, Zirkin BR, Chubb C 1981 Assessment of testicular testosterone production and Leydig cell structure. Environ Health Perspect 38:19-27.
- Fawcett DM 1975 Ultrastructure and function of the Sertoli cell. In: Handbook of Physiology. R.O. Greep, ed. Williams & Wilkins, Baltimore. Sect 7:5 Pages 21-55.
- Flickinger C, Fawcett DW 1967 The junctional specializations of Sertoli cells in the seminiferous epithelium. Anat Rec 158:207-222.
- Hrudka F, Latshaw WK 1993 Morphological evidence of cyclic changes observed in Leydig cells of a chimeric mouse. Submicrosc Cytol Pathol 25(1):1-17.
- Hugon J, Borgers M 1965 Ultrastructural cytochemical changes in spermatogonia and Sertoli cells of wholebody irradiated mice. Anat Rec 155:15-32.
- Kaya M, Harrison RG 1976 The ultrastructural relationships between Sertoli cells and spermatogenic cells in the rat. J Anat 121: 279-290.
- Kim JY 1987 Basic radiology, Kyo Moon Gak, Seoul Korea, 109-167.
- Mori H, Christensen AK 1980 Morphometric analysis of Leydig cells in the normal rat testis. J Cell Biol 84(2): 340-354.
- Nagano T 1959 Spermatogenesis in the domestic fowl: Studies with the electron microscope. Arch Histo Jap 16:311-345.
- Nicander L 1963 Some ultrastructural features of mammalian Sertoli cells. J Ultrastruct Res 8:190-191.
- Nicander L 1967 An electron microscopical study of cell contacts in the seminiferous tubules of some mammals. Zeit Zell Misk Anat 83: 375-397.
- Oakberg EF 1971a Effects of radiation of the testis. In: Handbook of physiology. Vol. 6, The male reproductive system, E. B. Astwood and R. O. Greep, eds. Am Physiol Soc, 233-243.
- Oakberg EF 1971b Spermatogonial stem-cell re-

- newal in the mouse. *Anat Rec* 169:515-532.
- Osman DI, Ekwall H, Ploen L 1980 Specialized cell contacts and the blood-testis barrier in the seminiferous tubules of the domestic fowl (*Gallus domesticus*). *Int J Androl* 3:553-562.
- Pawar HS, Wrobel KH 1991 Quantitative aspects of water buffalo (*Bubalus bubalis*) spermatogenesis. *Arch Histol Cytol* 54(5): 491-509
- Pelletier RM 1988 Cyclic modulation of Sertoli cell junctional complexes in a seasonal breeder: The mink (*Mustela vison*). *Am J Anat* 183:68-102.
- Pelletier RM 1990 A novel perspective: The occluding zonule encircles the apex of the Sertoli cell as observed in birds. *Am J Anat* 188:87-108.
- Pelletier RM, Byers SW 1992 The Blood-testis barrier and Sertoli cell junctions: Structural considerations. *Micro Res and Tech* 20:3-33.
- Pfeiffer DC, Vogl AW 1993 Ectoplasmic ("Junctional") specializations in Sertoli cells of the rooster and turtle: Evolutionary implications. *Anat Rec* 235:33-50.
- Pinon-Lataillade G, Velez de la Calle JF, Viguier-Martinez MC, Garnier DH, Folliot R, Maas J, Jegou B 1988 Influence of germ cells upon Sertoli cells during continuous low-dose rate γ -irradiation of adult rats. *Mol Cell Endocrinol* 58:51-63
- Prince FP 1992 Ultrastructural evidence of indirect and direct autonomic innervation of human Leydig cells: comparison of neonatal, childhood and pubertal ages. *Cell Tissue Res* 269(3):383-390.
- Russell LD 1977a Desmosome-like junctions between Sertoli and germ cells in the rat testis. *Am J Anat* 148:301-311.
- Russell LD 1977b Movement of spermatocytes from the basal to adluminal compartment of the rat testis. *Am J Anat* 148:313-328.
- Russell LD 1977c Observations on rat Sertoli cell ectoplasmic ("junctional") specializations in their association with germ cells of the rat testis. *Tissue Cell* 9:475-498.
- Russell LD, Malone JP, MacCurdy DS 1981 Effect of the microtubule disrupting agents, colchicine and vinblastine, on seminiferous tubule structure in the rat. *Tissue Cell* 13(2):349-367.
- Stanley HP, Lambert CC 1985 The role of a Sertoli cell actin-myosin system in sperm bundle formation in the rat fish, *Hydrolagus collicii* (*Chondrichthyes, Holocephali*). *J Morphol* 186: 223-236.
- Steger K, Schimmel M, Wrobel KH 1994 Immunocytochemical demonstration of cytoskeleton proteins in seminiferous tubules of adult rams and bulls. *Arch Histol Cytol Vol* 57(1):17-28.
- Toyama Y, Calderon FU, Quesada R 1990 Ultrastructural study of crystalloids in Sertoli cells of the three-toed sloth (*Bradypus tridactylus*). *Cell Tissue Res* 259:599-602.
- Vogl AW 1988 Changes in the distribution of microtubules in rat Sertoli cells during spermatogenesis. *Anat Rec* 222:34-41.
- Vogl AW, Lin YC, Dym M, Fawcett DW 1983 Sertoli cells of the golden-mantled ground squirrel (*Spermophilus lateralis*): A model system for the study of shape change. *Am J Anat* 168:83-98.
- Vogl AW, Soucy LJ 1985 Arrangement and possible function of actin filament bundles in ectoplasmic specializations of ground squirrel Sertoli cells. *J Cell Biol* 100(3): 814-825.
- Wilkinson KD, Deshpande S, Larsen CL 1992

- Comparisons of neuronal(PGP 9.5) and non-neuronal ubiquitin C-terminal hydrolases. *Biochem Soc Trans* 20:631-637.
- Wilkinson KD, Lee K, Deshpande S, Duerkenhuhes P, Boss JM, Pohl J 1989 The neuron-specific protein PGP 9.5 is a ubiquitin carboxyl-terminal hydrolase. *Science* 246:70-73.
- Withers HR, Hunter N, Barkler HT Jr 1974 Radiation survival and regeneration characteristics of spermatogenic stem cells in mouse testis. *Radiat Res* 57:88-103.
- Wrobel KH, Kesler M, Schimmel M 1993 Quantitative evaluations of the tubular epithelium in the testis of the fallow deer (*Dama dama*). *Reprod Dom Anim* 28:1-13.
- Wrobel KH, Schimmel M 1989 Morphology of the bovine Sertoli cell during the spermatogenic cycle. *Cell Tissue Res* 257(1):93-103.
- 양홍현, 김인식, 이영훈, 백영기 1997 한국산 평 정세관 상피와 Testosterone, LH 및 FSH 혈청농도의 계절적 변화에 관한 연구. *대한해부학회지* 30(3): 269-283.
- 양홍현, 백영기, 김인식 1994 한국산 평 Sertoli 세포의 계절적인 변화. *대한해부학회지* 27(1): 67-78.