

한국산 꿩 송과샘의 부화후 발달에 관한 형태학적 연구

이영훈¹ · 김인식^{1,2} · 양홍현^{1,2}

전북대학교 수의과대학 해부학교실¹, 생체안전성연구소²

Morphological Study on the Post-hatching Development of the Pineal Gland in Korean Pheasant (*Phasianus colchicus Karpowi*)

Y. H. Lee¹, I. S. Kim^{1,2} and H. H. Yang^{1,2}

¹Department of Anatomy, College of Veterinary Medicine, Chonbuk National University

²Bio-Safety Research Institute Institution, Chonbuk National University

Abstract: The pineal gland of the bird occupies a key position in the phylogenetic evolution of this organ. Therefore, the purpose of this study was to investigate the developmental changes of the pineal gland during post-hatching period in Korean pheasant. The pheasants were sacrificed at 1-day-, 1-month-, 2-month-, and 6-month-old after hatching. The morphological characteristics of a pineal glands were determined in all pheasants using light microscope, and transmission electron microscope. Connective tissue originated from the capsule divided the pineal parenchyma into incomplete lobules. The parenchyma was consisted of pinealocytes and supportive cells. These parenchymal cells were arranged in the forms of solid lobules as well as incomplete follicles. At the follicular lumen, membraneous lamellar complexes and bleb-like structures were present. Pinealocyte, a predominant cell type, had euchromatic nucleus, and showed the segmental organization. The bulbous apical portion had scanty free ribosomes and occasional cilia associated with basal bodies. The constricted neck, transitional portion from apical to pericarya had junctional complexes with adjacent supportive cells, and had microtubules. Cell body contained abundant mitochondria, well-developed Golgi complex, rough endoplasmic reticulum(RER) and free ribosomes. Basal processes extended from the base of the cell soma toward the basal lamina and contained 60 ~ 90 nm dense cored vesicles. Supportive cells, another major type of the parenchyma, were characterized by the dense and elongated nucleus, and contained moderate number of mitochondria, RER, developed Golgi complex, free ribosomes and a few dense bodies in the perinuclear cytoplasm. Slender processes of supportive cells interposed between the pinealocytes and often bordered the basal region of the parenchyma. These results indicate that the pinealocytes of the pheasant are not rudimentary photoreceptor cells, and appear to have secretory function. Further studies will be required to confirm the morphological characteristics of pineal gland in adult pheasant during breeding and non-breeding season.

(Key words: Korean pheasant, pineal, post-hatching, development, ultrastructure)

서 론

송과샘은 동물의 종에 따라 그 구조와 기능이 다르다고

알려져 있다. 하등척추 동물인 어류 및 양서류의 송과샘에서는 망막의 시각세포와 유사한 광수용세포 (photoreceptor cell)로 구성되어 있고 그 기능도 외부의 빛을 감지

이 연구는 1999년도 전북대학교의 지원 연구비에 의하여 수행되었음.

이 연구는 2001년도 전북대학교 생체안전성연구소 학술연구비의 일부지원으로 이루어졌음(CNU-BSRI No. 2001-10).

하는 감각기관으로 밝혀져 있으나 (Kelly와 Smith, 1965; Oksche와 Vaupel-von Harnack, 1966), 포유류와 같은 고등척추동물의 송과샘에서는 직접적인 감광기능은 없고 빛의 자극에 의한 melatonin (Lerner 등, 1958), arginine vasotocin (Milcu 등, 1963), polypeptide factor (Benson 등, 1972), lipophylic antigonadotrophic factor (Besinger 등, 1973) 등의 합성 및 분비가 이루어지며 이들을 통하여 생체리듬 및 생식기능이 영향을 받는 것으로 알려져 있다.

조류의 송과샘은 계통발생학적으로 하등척추동물과 고등척추동물의 중간의 위치에 있기 때문에 그 형태나 구조에 대하여 많은 연구자들에 의해서 다각적인 방법으로 연구되고 있다. 특히, 조류의 송과샘은 소엽내 여포와 관강내 막성층판복합체 (membraneous lamellar complex), 송과샘세포 (pinealocytes)로 이루어진 여포벽을 특징으로 하고 있다. 이 세포는 퇴화된 광수용세포이고 (Oksche와 Vaupel-von Harnack, 1966; Boya와 Zamorano, 1975; Omura, 1977) 광수용 기능은 상실하나 분비기능을 얻게 된다고 하였다. 조류의 송과샘에 관한 연구로는 오리 (Oksche와 Vaupel-von Harnack, 1966; Rosner 등, 1971; Cardinali 등, 1971; Cuello 등, 1972), 닭 (Spiroff, 1958; Quay, 1965; Oksche와 Vaupel-von Harnack, 1966; Wight와 McKenzie, 1971; Boya와 Zamorano, 1975; Omura, 1977), 메추리 (Bischoff, 1969), 참새 (Oksche와 Vaupel-von Harnack, 1966), 비둘기 (Oksche와 Vaupel-von Harnack; Morita, 1966), 잉꼬 (Ueck 등, 1977), 꿩 (이영훈 등, 2000)의 연구가 보고되었으나 꿩에 관한 연구는 최소한 실정이다. 본 연구자 등은 한국산 꿩에서 부화후 송과샘의 미세구조적 발달을 구명하고자 본 연구를 실시하였다.

재료 및 방법

실험동물은 1일령, 1, 2, 6개월령의 수평을 사용하였고 단두를 시행한 다음 두개골을 제거한 후 경질막 아래 양쪽 대뇌와 소뇌가 만나는 곳에 위치한 송과샘을 주변 뇌막과 함께 떼어낸 다음 고정액 안에서 송과샘만 따로 분리하였다. 절제된 송과샘을 0.1 M cacodylate buffer (pH 7.4)으로 조정된 Karnovsky 고정액에 2시간 동안 전고정하고, 동완충액으로 조정된 1% osmium tetroxide에 2시간 동안 후고정하였다. 고정된 조직은 일련의 탈수과정을 거쳐 Epon혼합액에 포매하여 37°C, 60°C 오븐에서 각각 24시간씩 유지시켜 중합을 완료하였다. 포매된 조직은 초박절

편기로 1 μ m의 광학현미경용 절편을 얻어 0.1% toluidine blue 용액으로 가열염색한 다음 소엽의 부위를 택하여 초박절편을 작성하여 전자현미경 (JEM 1200EX, Japan)으로 관찰하였다.

결 과

1. 광학현미경적 관찰

1일령에서 송과샘 실질은 두터운 결합조직이 피막을 형성하였고, 이 피막에서 기시하는 결합조직에 의해 여러 개의 소엽들로 구분되었다. 각 소엽은 여포 (follicular zone)와 여포주변부 (parafollicular zone)로 이루어져 있었다. 여포벽세포들 (follicular cells)은 여포관강 (follicular lumen)을 향하여 일정하게 배열되었고 대부분의 여포벽세포 핵의 모양은 길쭉한 타원형이었으며 밝은 세포와 어두운세포로 구분되었다. 또한 여포의 관강쪽 세포면에서 세포질돌기들이 관강내로 돌출되어 있었다. 여포주변부세포들 (parafollicular cells)은 방향성이 없이 배열되어 있었다. 소엽을 둘러 싸는 결합조직에는 혈관들이 분포되어 있었다 (Fig. 1a).

1개월령에서 송과샘 실질의 형태와 세포의 구성은 1일령의 것과 비슷하였으나 여포관강의 1일령에 비하여 확장되어 있었다. 소엽은 여포와 여포주변부로 구성되어 있었다 (Fig. 1b). 2개월령 (Fig. 1c)과 6개월령 (Fig. 1d)에서 송과샘의 실질은 1개월령과 유사한 여포, 여포주변부 및 여포관강으로 관찰되었고 6개월령에서는 소엽 사이의 결합조직이 2개월령의 실험군에 비하여 치밀하게 배열되었고 증식되는 양상이었다.

2. 전자현미경적 관찰

1일령에서 첨단부위 (apical zone) 세포질의 형태, 핵의 전자밀도, 세포소기관에 의해서 송과샘세포 (pinealocyte)와 지지세포 (supporting cell)를 구분하였다.

송과샘세포는 기저부위에 핵을 갖는 길쭉한 모양이었고 여포관강에 돌출되어 있는 첨단부위세포질, 인접한 세포와 연결을 이루는 목부위, 핵위부위 및 기저부위 세포질로 각각 구분할 수 있었다. 핵은 불규칙한 타원형이었고 전자밀도가 비교적 낮은 편이었다. 송과샘세포의 첨단부위 세포질은 불규칙한 모양으로 여포관강내로 돌출되어 있었고 섬모와 미세융모를 내고 있었으며 세포질에는 당원과립, 유리리보솜, 미세소관 및 소수의 막성공포들이 나타났다. 목부위 세포질에는 인접한 세포와 치밀한 연결을 형성하

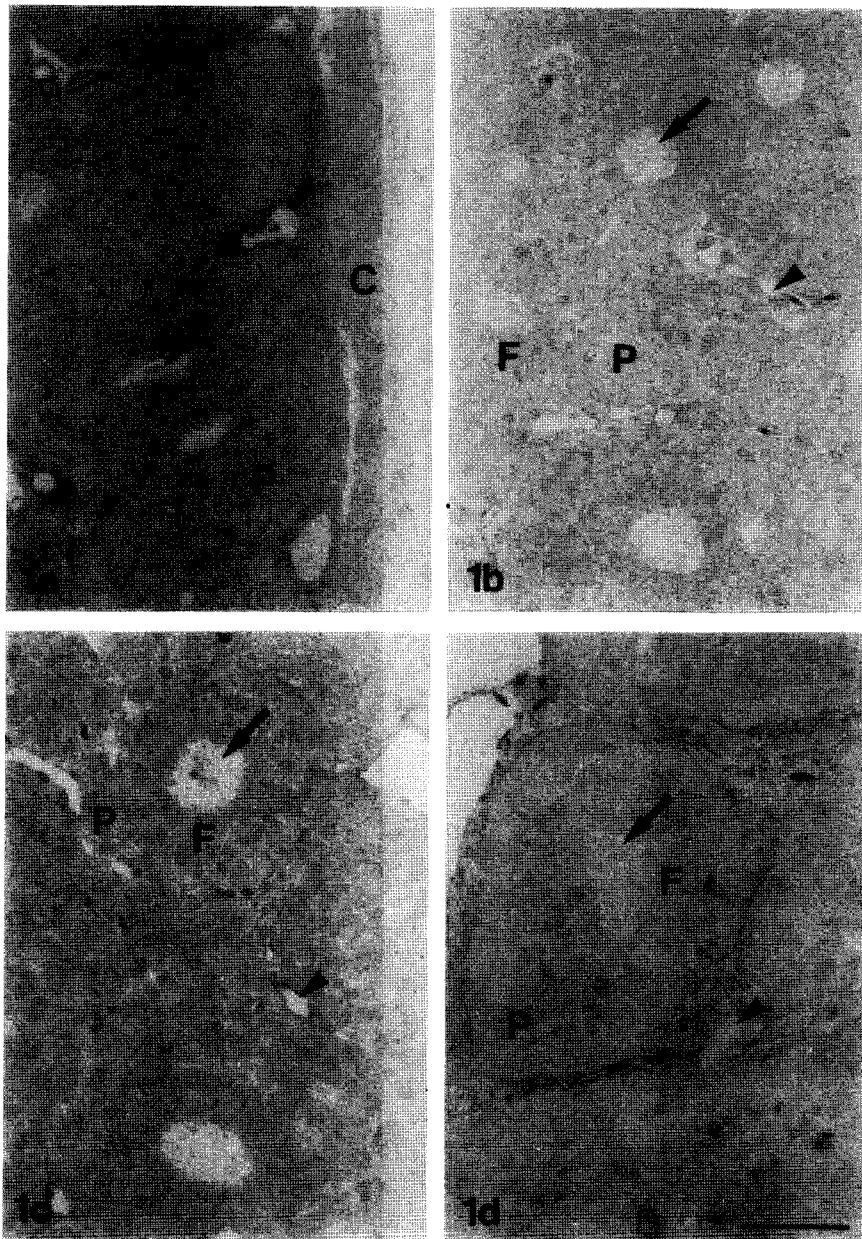


Fig. 1. Light micrographs of the pineal gland in the 1-day-old (a), 1-month-old (b), 2-month-old (c), and 6-month-old (d) pheasant. Pineal parenchyma is composed of lobules with the follicular (F) and parafollicular (P) zones. C, capsule (arrow), follicular lumen (arrowheads) : blood vessel. Scale bar : 50 μ m.

고 있었고 잘 발달된 미세소관과 사립체가 관찰되었다. 핵 위부위세포질에는 많은 기다란 사립체들이 존재하였고 유리리보솜, 과립형질내세망, 골지체 등이 나타났다. 또한 세포의 측면에는 많은 수지상의 돌기를 내고 있었다. 기저부위의 세포질과 수지상의 돌기내에는 60 ~ 140 nm 크기의 치밀소포가 출현하기도 하였고 기저부위에서는 세포와 세포사이에서 넓고 영성한 기질공간이 나타났다 (Fig. 2a).

지주세포는 첨단부위 세포질을 여포관강내로 내고 있지

는 않지만 많은 미세용모를 관강내로 내고 있었다. 핵의 모양은 송과샘세포와 유사하였으나 핵의 전자밀도는 송과샘세포보다 치밀하게 관찰되었으며 세포소기관의 발달이 미약하였다 (Fig. 2a).

1개월령에서 송과샘실질은 전자밀도가 낮은 송과샘세포와 전자밀도가 치밀한 지주세포로 구성되어 있었다. 송과샘세포의 여포의 기저부위에 위치하고 있었고 지주세포의 핵은 여포의 관강쪽과 기저부위 다양한 위치에서 관찰되

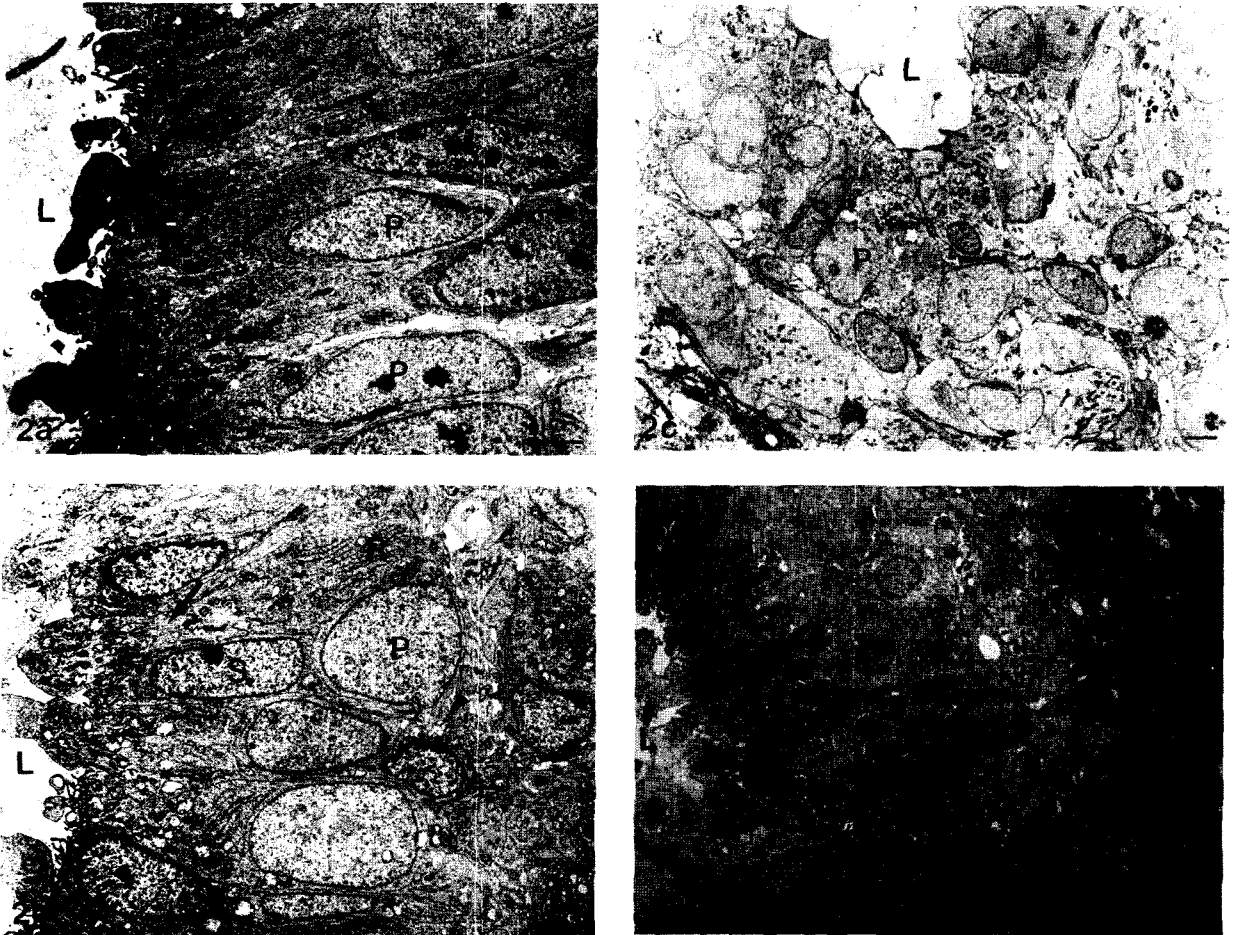


Fig. 2. Electron micrographs of the pineal gland in the 1-day-old (a), 1-month-old (b), 2-month-old (c), and 6-month-old (d) pheasant. Follicular wall consists of pinealocytes (P) and supportive cells (S) that arrange toward lumen (L). R, rough endoplasmic reticulum, arrow, microtubules, arrowhead, dense core vesicles. Scale bars : 2 μ m.

었다. 특히 송과샘세포는 첨단부위에서 미세소관의 잘 발달되어 있었고 핵위부위에서는 잘 발달된 사립체와 과립형질내세망이 관찰되었다. 송과샘세포의 기저부위 세포질 돌기에서는 60~140 nm 크기의 소포들이 출현하였다 (Fig. 2b).

지주세포는 여포관강내로 약간의 미세융모를 내고 있었고 핵위부위에서 골지체가 잘 발달되어 있었으며 약간의 사립체와 과립형질내세망도 관찰되었다 (Fig. 2b).

2개월령에서 송과샘여포는 송과샘세포와 지주세포로 구성되어 있었고 송과샘세포 핵의 모양은 난원형이면서 핵막의 한쪽이 깊게 함몰되어 관찰되었다. 지주세포의 핵은 긴 타원형 또는 원형으로 나타났고 여포의 관강으로 돌출된 세포질돌기는 거의 관찰되지 않았다. 송과샘세포의 핵위부위세포질에서는 치밀소체, 골지체, 사립체 및 과립형질내세망의 잘 발달되어 있었고 지주세포에서도 골지체와

사립체가 관찰되었으나 송과샘세포에 비하여 세포소기관의 발달이 미약하였다 (Fig. 2c).

6개월령에서 송과샘여포의 양상은 부화후 2개월령과 비슷하였으나 송과샘세포는 여포관강내로 세포질돌기를 내고 있었고 지주세포도 역시 수지상의 미세융모를 관강으로 뻗어 내고 있었다. 송과샘세포와 지주세포는 핵의 전자 밀도에 의해서 구분되었고 2개월령에서 같은 양상으로 지주세포에 비하여 송과샘세포의 세포소기관이 잘 발달되어 있었다. 송과샘세포의 세포질돌기는 송과샘여포의 기저부위에서 신경종말과 연결을 이루어 세포질 돌기내에 치밀소포들이 관찰되었다 (Fig. 2d).

적 요

본 연구에서 관찰된 평 송과샘실질은 송과샘의 피막에서 기시하는 결합조직에 의해 불완전한 소엽으로 나뉘어져 있었으며, 실질의 형태는 송과샘세포와 지주세포들이 방향성이 없이 혼재하는 소엽상과 여포관강의 발달이 없는 불완전한 여포상이 동시에 관찰되었다. 한편, 조류의 송과샘실질의 형태에 관해서는 일반적으로 여포상 (오리, Oksche와 Vaupel-von Harnack, 1966; Rosner 등, 1971; Cardinali 등, 1971, 닭, Quay, 1965; Hodges, 1974; Boya와 Zamorano, 1975; Omura, 1977)과 소엽상 (Spiroff, 1958; Quay, 1965; Wight와 McKenzie, 1971)으로 보고되었다. 또한, Wight와 McKenzie (1971)는 닭 송과샘실질은 소엽상과 여포상이 동시 존재한다고 보고한 바 있고, Spiroff (1958) 및 Boya와 Calvo (1978)는 닭에서 부화후 초기에 여포관강을 갖는 전형적인 여포상 실질이 성숙함에 따라 점차 여포관강이 줄어들면서 소엽상으로 변화한다고 보고하였다. 본 연구에서 평 송과샘실질은 소엽상 실질과 또한 여포관강을 관찰할 수 없었지만 송과샘세포와 지주세포가 여포상으로 배열하고 있는 변형된 또는 불완전한 여포상 실질을 동시에 보여주었다. 이는 본 연구에 사용된 평이 6개월 이하의 것임을 감안하면 여포상 실질에서 소엽상 실질로 변화하는 중간단계에 있을 것으로 추측되나, 이를 확인하기 위해서는 성숙 평과 번식기와 비번식의 송과샘을 이용한 연구가 뒤따라야 할 것으로 사료된다.

조류 송과샘실질의 구성세포에 관해서는 연구자들에 따라 표현은 다르지만 일반적으로 송과샘세포와 지주세포로 구성되어 있다고 보고하였다 (Oksche와 Vaupel-von Harnack, 1966; Bischoff, 1969; Oksche, 1971; Boya와 Zamorano, 1975; Omura, 1977). 조류에서의 송과샘세포는 일반적으로 잔유성 광수용세포와 분비세포를 총칭하며, 연구자들에 따라 이를 분리보고하였다 (메추리, Bischoff, 1969; 닭, Boya와 Zamorano, 1975). 평 송과샘실질은 송과샘세포와 지주세포로 구성되어 있어서 타조류에서의 연구결과와 유사한 결과를 얻었다.

한편, Boya와 Zamorano (1975)는 닭의 송과샘에서 여포벽을 이루는 송과샘세포와 지주세포외에 여포벽에 기저막 사이에 전혀 다른 배열양상을 보이는 세포집단은 미세구조상 여포벽을 이루는 세포와 같다고 보고한 바 있다. 본 연구에서 관찰된 소엽상 실질이나 여포상 실질의 기저막 근처에서 방향성 없이 배열된 세포들은 이들이 보고한 것과 같은 결과였고, 다른 종류의 세포는 관찰하지 못하였다. 본 연구에서 길쭉한 송과샘세포는 섬모를 갖는 첨단부위 세포질, 그리고 좁아져 있고 인접한 지주세포와 연결을 이

루는 목부위, 풍부한 세포내소기관을 갖는 핵위부위세포질 그리고 돌기를 내거나 기저막에 이르는 핵아래부위세포질 등을 가지고 있기 때문에 잔유성 광수용세포로 간주되며 이는 타 조류에서 소견 (Oksche와 Vaupel-von Harnack, 1966; Boya와 Zamorano, 1975; Omura, 1977)과 일치하였다.

송과샘세포에서 송과샘여포의 관강으로 돌출된 첨단부위세포질에서 막성층판복합체는 거의 관찰되지 않았고 광수용세포의 바깥분절이 변성되화된 것임을 보여주는 소견이었다. 잘 발달된 바깥분절을 갖는 하등척추동물에서 사립체가 풍부한 내질을 갖는 것은 잘 알려져 있다 (칠성장어, Collin, 1969; 경골어류, Oksche와 Kirschstein, 1967; Takahashi와 Kasuga, 1971). 또한 Yamada (1971)는 속분절의 풍부한 사립체 함유에 대해서 광수용세포의 에너지를 생성하는 기능을 할 것이라고 보고하였고, Bischoff (1969)는 각각 집오리와 메추라기 송과샘에서 광수용세포의 속분절에 해당되는 송과샘세포의 첨단부위세포질에 많은 사립체 등을 함유하고 있다고 보고하였다. 한편, Omura (1977)는 닭에서 속분절의 사립체 소실을 보고하여 이는 바깥분절의 소실과 관련이 있을 것으로 추측한 바 있다. 본 연구에서 1일령과 1개월령의 평 송과샘세포의 첨단부위세포질에서 잘 발달된 세포소기관이 관찰되었으나 2개월령과 6개월령에서는 첨단부위세포질에서 세포소기관의 발달이 미약하거나 소수의 유리리보솜과 소수의 사립체만 출현하였던 점은 속분절에 해당되는 평 송과샘세포의 첨단부위세포질이 바깥분절에 해당되는 막성층판복합체의 변성 및 퇴화와 더불어 기능을 수행하지 않거나 변성하고 있는 과정에 있을 것으로 추측되었다.

Bischoff (1969)는 메추라기의 송과샘세포의 첨부에 섬모와 미세융모가 매우 풍부하다고 언급하였고 섬모와 관강내 막성층판복합체과의 관련성을 시사하였으며, Oksche와 Kirschstein (1969)도 섬모에서 막성층판복합체가 기원한다고 하였으나, Boya와 Zamorano (1975)는 닭의 송과샘에서 섬모와 막성층판복합체과의 직접적인 접촉은 관찰하지 못하였다고 보고한 바 있다. 본 연구에서는 송과샘세포의 첨단부위에서 미세융모는 관찰할 수 없었고 출현한 섬모와 막성층판복합체과의 직접적인 관련성도 관찰할 수 없었다.

본 연구에서 송과샘세포의 첨부세포질에 출현한 섬모는 9개의 중심소관만으로 구성된 9+0의 형태를 취하였는데 이는 Boya와 Zamorano (1975)가 닭에서 보고한 것과 동일하다. 한편, Bischoff (1969)는 하등척추동물의 광수용세포는 섬모의 중심관이 소실하는 특성을 보인다고 보고

한 바 있는데, 꿩 송과샘세포의 경우에도 이에 상응하는 것으로 잔유성 광수용세포임을 보여주는 소견이라 하겠다.

본 연구에서 송과샘세포의 기저돌기나 핵아래부위세포질에서 60~140 nm 크기의 치밀소포가 출현하였던 점은 송과샘세포들이 분비기능을 하고 있음을 시사하여 주는 소견이었다. 이는 진화과정중의 송과샘이 광수용능을 점차 상실하는 대신 합성분비능을 획득한다는 보고 (Collin, 1969; Oksche, 1971)에 부합하는 결과이다. 또한 Omura (1977)는 닭 송과샘의 발육에 관한 연구에서 부화후 10일째에 치밀소포가 핵상부세포질에 출현하였고 부화후 14일째 기저부세포돌기에서 치밀소포가 출현하였음을 관찰하여 성숙해가면서 분비능이 증가함을 보고한 바 있다.

요 약

부화후 성장하는 꿩 송과샘의 미세구조적 발달을 구명하고자 1일령, 1, 2 및 6개월령을 희생시켜 광학 및 전자현미경을 이용하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 광학현미경적 관찰에서 꿩 송과샘의 실질은 피막에 의해 싸여 있고 여기에서 기시하는 결합조직에 의해 불완전한 소엽 (lobule)으로 구분되었다. 송과샘실질은 소엽상과 불완전한 여포상이었으며, 둥근 핵과 염색성이 옅은 송과샘세포와 약간 길고 길쭉한 핵을 갖는 지주세포로 구성되어 있었다. 전자현미경적 관찰에서 송과샘실질에는 길쭉한 송과샘세포와 지주세포가 소엽의 중심부를 향해 배열되어 있었고 광학현미경에서 소엽의 중심부에는 매우 불규칙한 막성충관복합체이나 포상구조물이 출현하였다. 실질은 비교적 밝은 송과샘세포와 짙은 핵을 갖는 지주세포로 구성되어 있었다. 송과샘세포는 잔유성 광수용세포의 형태를 취하였는데, 그 첨단부위의 밝고 팽대된 세포질에는 세포소기관이 빈약하나 섬모, 약간의 유리리보솜과 사립체가 출현하였다. 첨단부위세포질과 핵위부위세포질 사이의 좁아진 경부는 지주세포와 연결복합체를 이루고 목부위세포질내에는 미세소관이 풍부하였다. 핵위부위세포질은 풍부하고 다수의 사립체, 잘 발달된 골지장치, 풍부한 과립형질내세망 및 유리리보솜 등을 함유하고 있었다. 또한 핵아래부위세포질에서 여포의 기저부위로 기저돌기를 내고 있었다. 송과샘세포의 핵아래부위 세포질 및 기저돌기에서 60~90 nm 크기의 치밀소포가 관찰된 것이 특이하였고 짙은 핵을 갖고 긴 돌기를 갖는 것이 특징이었다. 이상의 결과는 꿩 송과샘세포가 광수용능은 거의 없고 분비기능을 주로 수행하는 소견이었으며, 성숙 꿩의 송과샘의 미세구조적 연구를 확인하여

변식기와 비변식기에 따른 비교연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

인용문헌

- Benson B, Matthews MJ, Rodin AE 1972 Studies on a non-melatonin pineal anti-gonadotropin. *Acta Endocrinol* 69:257-266.
- Besinger R, Vaughan M, Klein DC 1973 Isolation of a non-melatonin lipophylic anti-gonadotrophic factor from the bovine pineal gland. *Fed Proc* 32:352.
- Bischoff MB. 1969 Photoreceptor and secretory structures in the avian pineal organ. *J. Ultrastruct. Res.* 28:16-26.
- Boya J, Calvo J. 1978 Post-hatching evolution of the pineal gland of the chicken. *Acta Anat (Basel)* 101:1-9.
- Boya J, Zamorano L 1975 Ultrastructural study of the pineal gland of the chicken (*Gallus gallus*). *Acta Anat (Basel)* 92:202-226.
- Cardinali DP, Cuello AE, Tramezzani JH, Rosner JM 1971 Effects of pinealectomy on the testicular function of the adult male duck. *Endocrinol* 89:1082.
- Collin JP 1969 La cupule sensorielle de l'organe pineal de la Lamproie de Planer. L'ultrastructure des cellules sensorielles et ses implications fonctionnelles. *Arch Anat Micr Morph Exper* 58:145-182.
- Cuello AC, Hisano N, Tramezzani JH 1972 The pineal gland and the photosexual reflex in female ducks. *General and Comparative Endocrinology* 18:162-168.
- Hodges RD 1974 *The histology of the fowl*. Academic Press (London).
- Kelly DE, Smith SW 1964 Fine structure of the pineal organs of the adult frog, *Rana pipiens*. *J Cell Biol* 22:653.
- Lerner AB, Case JB, Takahashi Y, Lee Y, Mori W 1958 Isolation of melanin, the pineal gland factor that lightens melanocytes. *J Amer Chem Soc* 80:2587.

- Milcu SM, Pavel S, Neacsu C 1963 Biological and chromatographic characterization of a polypeptide with pressor and oxytotic activities isolated from bovine pineal gland. *Endocrinol* 72:562-566.
- Oksche A 1971 Sensory and glandular elements of the pineal organ. In: *The pineal gland*. Churchill-Livingstone (London) 127-146.
- Oksche A, Kirschstein H 1967 Die Ultrastruktur der Sinneszellen im Pineal organ der Vogel. *Z Zellforsch* 78:151-166.
- Oksche A, Kirschstein H 1969 Electron microscopic studies of the pineal organ in *Passer domesticus*. *Z Zellforsch Mikrosk Anat* ;102:214-241.
- Oksche A, Vaupel-von Harnack M 1966 Electron microscopic studies on the problem of sensory cells in the pineal body of birds. *Z Zellforsch Mikrosk Anat* 69:41-60.
- Omura Y 1977 Ultrastructural study of embryonic and post-hatching development in the pineal organ of the chicken (brown leghorn, *Gallus demosticus*). *Cell Tissue Res* 183:255-271.
- Quay WB 1965 Histological structure and cytology of the pineal organ in birds and mammals. *Prog Brain Res* 10:49-86.
- Rosner JM, GD de Perez Bedes, Cardinali DP 1971 Direct effect of light on duck pineal explants. *Life Sci* 10:1065-1069.
- Spiroff BEN 1958 Embroynic and post-hatching development of the pineal body of the domestic fowl. *Am J Anat* 103:375-401.
- Takahashi H, Kasuga S 1971 Fine structure of the pineal organ of the medaka, *Oryzias latipes*. *Bull Fac Fish Hokkaido Univ* 22:1-10.
- Ueck M, Ohnishi R, Wake K 1977 Photoreceptor-like outer segments in the pineal organ of the lovebird, *Uroloncha domestica*. *Cell Tissue Res* 182:139-143.
- Wight PAL, McKenzie GM 1971 The histochemistry of the pineal of the domestic fowl. *J Anat* 108:261-273.
- Yamada E 1971 The fine structure of the vertebrate retina. *Tokyo, J Med Sci* 76:368-374.
- 이영훈 김인식 양홍현 2000 한국산 꿩에서 송과샘오목과 소포의 발달에 관한 형태학적 연구. *한국가금학회지* 27:259-266.