

동양달팽이의 눈에 대한 해부학적 및 미세구조적 연구

정 계 현 · 이 현

순천향대학교 자연과학대학 생물학과

= Abstract =

An Anatomical and Ultrastructural Study on the Eye of a Land Snail, *Nesiohelix samarangae*

Kye-Heon Jeong and Hyun Lee

Department of Biology, College of Natural Science, Soonchunhyang University
P.O. Box 97, Onyang, Chungnam, 336-600 Korea

Light and electron microscopic observations on the eye of a land snail, *Nesiohelix samarangae* were carried out. The eye is composed of an optic cavity, lens, cornea and neuropile, and is surrounded by a connective tissue capsule. The retina is a columnar epithelium with two morphologically distinct cell types: photoreceptor cells and pigmented cells. The each of the photoreceptor cells has a conical cytoplasmic projection possessing numerous microvilli all along the apical surface of the cell. The apical cytoplasm of the cell has some lysosomes and the upper part of the cytoplasm has many thin cytoplasmic intrusions from the neighboring pigmented cells. The masses of photic vesicles are found around the nucleus of the photoreceptor cells. The pigmented cell, possessing short and thick microvilli along the apical surface, contain numerous pigment granules in the upper part of the cytoplasm. The cytoplasmic projections of the lateral protoplasmic membranes of the pigmented cell penetrates into the neighboring photoreceptor cells. The neuropile runs under the basal lamina of the retinal epithelium along with it.

서 론

연체동물 중 복족류는 감각기로서 눈, 촉수, osphradium 등을 가지고 있으며 이중 눈은 두족류만큼은 아니지만 복족류에서도 비교적 발달한 구조를 가지고 있다. 특히 육상패류들은 안병의 끝에 한 쌍의 눈을 가지고 있어 관찰자들의 흥미를 더해주고 있다. 이들 육상패류들의 눈에 대한 형태학적 연구는 *Helix pompatia*(Röhlich and Török, 1963; Schwalbach et al., 1963), *Helix aspersa*(Eakin and

Brandenburger, 1967), *Agriolimax reticulatus* (Newell and Newell, 1968), 그리고 *Limax flavus*(Kataoka, 1975) 등을 대상으로 수행된 바가 있다. 한국에도 여러 종의 육상패류가 있으나 동양달팽이(*Nesiohelix samarangae*)가 그중 큰 종으로서 이제까지는 한국에만 서식하는 종으로 알려져 있다. 또한 이 종은 연구실에서 계대사육할 수 있는 종이었으므로 저자 등은 동양달팽이에 대한 일련의 형태학적, 미세구조적 연구의 일환으로 본 연구를 수행하여 의미있는 결과를 얻었다.

재료 및 방법

1. 재료

재료는 동양달팽이(*Nesiohelix samarangae*)로서 이는 복족강(Gastropoda) 유폐아강(Pulmonata), 병안목(Stylommatophora), 또아리달팽이과(Bradysbaenidae)에 속하며 *Nesiohelix* 속에 속하는 종으로서 국내에서 유일하게 발견되는 종이다.

2. 방법

재료인 동양달팽이는 시해의 가의도에서 채집하여 연구실에서 플라스틱 상자에 소독된 흙을 넣고 적정하다고 생각되는 수의 달팽이를 분배하여 넣고 사료로서는 상추와 당근을 주었다. 사육온도와 습도는 여름철에는 실내의 상태와 같게 하였고, 겨울철에는 사육상자를 항온습습기 내에 넣고 온도는 23~24°C 습도는 70~80%를 유지시켰다. 눈의 구조를 관찰하기 위해서는 달팽이의 안병이 신장되었을 때 신속히 안병의 기부를 잘라 고정액에 넣었다. 광학현미경적 관찰을 위해서는 시료를 neutral formalin과 Bouin's solution에 고정하고 paraffin에 포매하여 절편한 후 H-E stain 하여 위상차현미경으로 관찰하였다. 전자현미경적 관찰을 위해서는 시료를 1% glutaraldehyde-1% paraformaldehyde로 전고정하고 2% osmium tetroxide 로 후고정하였다. 주사전자현미경(SEM) 관찰을 위해서는 고정된 시료를 alcohol-amyacetate series를 거쳐 탈수하여 critical point dryer로 건조하고 gold coating한 다음 Hitachi S-570 주사전자현미경으로 관찰하였다. 투과전자현미경(TEM) 관찰을 위해서는 통상적인 방법으로 탈수, 포매, 절편 및 염색을 하여 JEM CX I 투과전자현미경으로 관찰하였다.

결과 및 고찰

1. 해부학적 및 광학현미경적 관찰 소견

동양달팽이의 눈은 시축각(optic tentacle)의 끝 중앙에 위치한다. 시축각은 그 표피조직이 수많은 미세돌기를 이루고 있고, 또 이 돌기들은 크기가 거의 균일하고 밀집하여 존재하는 까닭에 저배율 관찰 하에

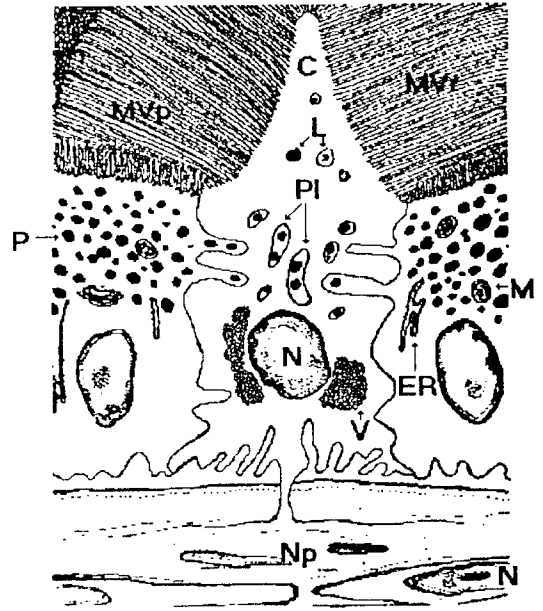


Fig. 1. A diagrammatic representation of the retinal epithelium of *Nesiohelix samarangae*.

C, conical cytoplasm of the photoreceptor cell; ER, endoplasmic reticulum; MVP, microvilli of the pigmented cell; L, lysosome; M, mitochondria; N, nucleus; Np, neuropile; P, pigment granule; PI, pigmented cell intrusion into the photoreceptor cell; V, photic vesicle;

서는 평활한 표면처럼 보인다.

눈이 외부환경과 접하는 부분은 각막(cornea)으로서 평편세포 또는 입방세포들로 이루어졌고, 수정체(lens)는 무세포성의 구성물이다(Fig. 4). 이는 Gibson(1984a)이 *Ilyanassa obsoleta*의 눈에서 보고한 바와 같다. 그는 수정체의 구성분이 단백질성임을 암시한 바가 있다. 눈에서 주요 부위는 망막으로서 그 구조가 가장 복잡한 것으로 알려져 있다. 망막은 두께가 30~40 μm인 단층의 원주세포들로 구성되어 있다. Kataoka(1975)는 *Limax flavus*의 눈에 관한 연구 보고에서 편위상 망막의 구조를 네 부분으로 나누었다. 즉, 세포들의 상층부로부터 광수용층(photo receptive layer), 색소층(pigmented layer), 핵층(nuclear layer), 그리고 망상층(plexiform layer)

등이다(Figs. 3, 4). 본 연구에서도 이같은 기준으로 나누어 보았다. 광수용층은 수정체와 색소층 사이에 얇게 염색되어 보이는 부분으로 광학현미경 관찰에서는 그 섬세한 구조가 명확하게 보이지는 않았다. 그러나 색소층은 강한 염색성으로 인해 망막 전체가 환상(ringform)으로 보였다. 핵층은 색소층 밑에 있으며 핵들의 모양은 일반적으로 장타원형이었다(Fig. 4). *Ilyanassa obsoleta*(Gibson, 1984a, b)와 *Littorina littorea*(Newell, 1965)에서는 핵의 모양들이 구형인 것과 타원형의 것이 명백하여 구형의 것은 광수용세포의 핵, 타원형의 것은 색소세포의 핵으로 구분하였으나 본 종에서는 구분이 용이하지 않았다. 핵들이 위치한 층 바로 아래 부위를 망상층이라 보고 있는데 이는 망막을 이룬 원주세포들의 기저원형질막이 기저막과 단순하게 만난 것이 아니라 세포들의 기저원형질이 여러가지로 분지되어 마치 복잡한 망상을 이루고 있는 까닭으로 Kataoka(1975)에 의하여 붙여진 이름인데 본 연구에서도 의견이 같다. 그러나, Gibson(1984a)은 이 부위를 신경망(neuropile)이라 언급한 바가 있는데 이는 세포들의 기저 원형질막들이 위의 세포질내로 깊이 주름져 들어와 이룬 망상구조와 이들과 연이어진 신경섬유들이 이룬 망상구조 부위를 통칭한 표현으로 생각된다.

전반적으로 보아 동양달팽이의 해부학적 및 광학현미경적 구조는 민달팽이인 *Agriolimax reticulatus*(Newell and Newell, 1968)와 *Limax flavus*(Kataoka, 1975), 그리고 *Helix* 속의 *Helix pompatia*(Röhlich and Török, 1963) 및 *Helix aspersa*(Brandenburger, 1975)와 유사한 점이 많음을 알 수 있었다.

2. 전자현미경적 관찰 소견

전자현미경관찰에서는 이제까지의 타 연구자들과 마찬가지로 주로 망막을 구성하고 있는 세포들에 관하여 정밀한 관찰을 하였다. 망막이 이토록 주 관심의 대상이 되어 온 것은 망막을 구성하고 있는 세포들의 형태가 독특하고 배열이 복잡하며 종에 따라 세포의 구성과 배열이 다양하기 때문인지도 모른다. 동양달팽이눈의 망막상피에서는 2종의 세포들이 관찰되는데 이들은 광수용세포(photoreceptor cell) 또는 감각세포(sensory cell)라는 것과, 색소세포(pigment cell)

혹은 지주세포(supportive cell)라는 세포들이다(Fig. 7).

광수용세포들은 긴 원주세포들로서 핵들은 보통 불규칙한 장타원형 또는 난형이며 기저막에 인접하여 있었다(Fig. 8). 이 광수용세포들의 상부 세포질은 원추형 또는 돛형으로 15 μm 까지 위로 솟아 나와 있고, 이 돌출한 세포질을 둘러싸고 있는 원형질막으로부터는 수많은 감간(感桿, microvilli 혹은 rhabdom)이 밀집하여 돌출되어 있는데 이들의 길이는 6~7 μm 이고 직경은 6~9 nm이다(Figs. 6, 7). 이 감관들은 원형질막으로부터 방사상으로 길게 뻗어나와 이웃한 광수용세포들로부터 뻗어나온 것들과 만나기도 하고 위로는 수정체의 후방에 까지 미친다. 또한 이 광수용세포의 세포질의 원추형 돌출부에서는 용해소체(lysosome)의 활발한 활동이 관찰되었다(Fig. 7). 이곳에서의 용해소체의 활성화에 관하여는 타 연구보고서에서는 볼 수 없었던 현상이기도하다. 이는 아마도 수명을 다한 photic vesicle을 소화하는 것으로 생각된다. Eakin과 Brandenburger(1967)에 의해 photic vesicle이라고 명명된 작은 소포(직경~60 nm)들이 단일막에 둘러싸여 핵 주변의 세포질에 큰 무리를 지어 존재하였다. 이러한 소포들은 Röhlich과 Török(1963)에 의해서는 Biokristall이라고도 불리웠다(Figs. 9, 10). 이 photic vesicle 들의 기능은 photo pigment를 전달하거나 감간의 전구물질이 아닌가 추측되고 있다(Brandenburger, 1975).

망막의 광수용세포의 유형에 관하여 Brandenburger(1975)는 *Helix aspersa*에서, Gillary와 Gillary(1979)는 *Strombus luhanus*에서, Hughes(1970)는 opisthobranches의 망막에서 cilia를 지니고 있는 광수용세포를 보고한 바 있으며, Gibson(1984 a, b)는 photic vesicle은 없고 섬모는 가지고 있는 광수용세포를 *Ilyanassa obsoleta*에서 보고하는 등 광수용세포가 종에 따라 다른 유형이 보고 되고 있음을 알 수 있다.

Eakin과 Brandenburger(1967)는 *Helix aspersa*의 광수용세포 유리표면에서 섬모가 드물게 관찰되는 것은 이들이 발생과정 중 섬모상피의 함입으로부터 유래하는 까닭에 우연히 존재하는 것일 뿐 별다른 생리적 중요성을 지닌 것은 아닐 것이라고 의견을 제시한 바 있다. 동양달팽이의 망막 광수용세포 중에서는 섬

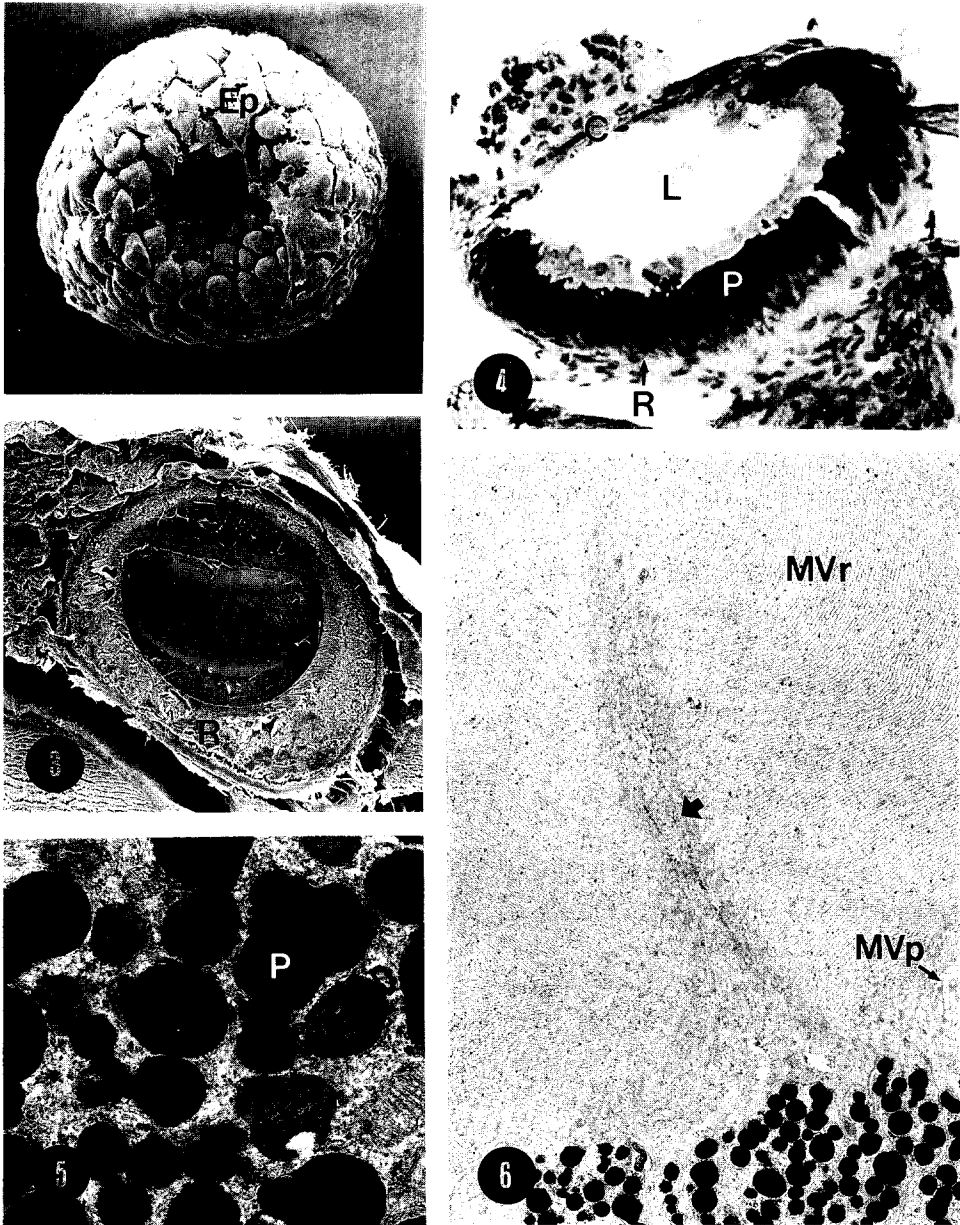


Fig. 2. Scanning electron micrograph showing the tip of the optic tentacle with the eye withdrawn. The epithelium is grooved all over. $\times 60$

Fig. 3. Scanning electron micrograph showing the sagittal plane of the eye.
Ep, epithelium; C, cornea; L, lens; R, retina $\times 280$

Fig. 4. Light microscopic view of the showing the cornea(C), lens(L) and the retina(R) with numerous pigmented cells. $\times 1,000$

Fig. 5. An enlarged view of a part of the pigmented cell with compacted pigments. $\times 24,000$

Fig. 6. A photoreceptor cell showing a apical projection(arrowed) with numerous microvilli(MVr) along the luminal surface.
MVp, microvilli of the pigmented cell $\times 6,000$

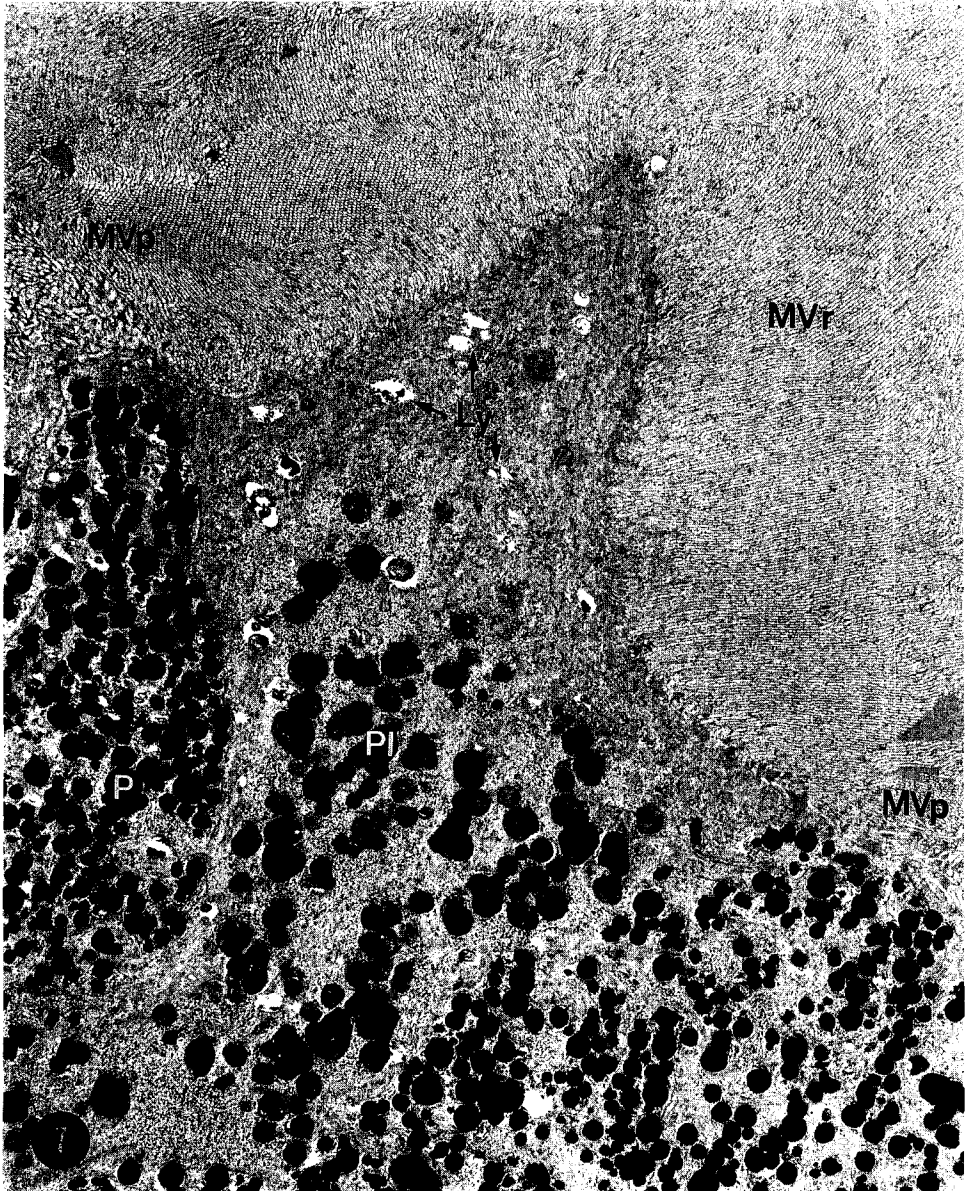


Fig. 7. A photoreceptor cell, located between the pigmented cells, shows well developed long microvilli(MVr) along the pyramidal apical projection of the cytoplasm. There are some lysosomes(Ly) in the apical cytoplasm and pigmented cell intrusion(PI) in the upper part of the cytoplasm. The pigmented cells with short and thick microvilli(MVp) along the apical surface contain numerous pigment granules in the upper parts of their cells. $\times 6,000$

모를 지닌 것이 아직까지는 관찰되지 않았다. 광수용 세포의 중상부 세포질에서는 때로 많은 색소들이 관찰 되는데 코두가 원형질막으로 둘러싸인 작은 세포질 내

에 존재한다. 이를 보면 이들은 광수용세포들의 색소가 아니라 이웃한 색소세포의 세포질이 광수용세포의 측면을 밀고 들어와 절편되었기 때문이다(Figs. 6, 7).



Fig. 8. Lower parts of the retinal cells containing numerous photic vesicles(V) around the nuclei(N). The connective tissue with muscle bundles(Mu) run along the retina with the neuropiles(NP). $\times 6,000$

이러한 현상에 대하여는 *Helix pompatia*(Röhlich and Töröh), *Helix aspersa*(Eakin and Brandenburger, 1967), *Aplysia*(Jacklet *et al.*, 1972) 등에서도 보고된 바 있다. 광수용세포 중에서도 약간의 색소를 지니고 있는 경우도 *Aplysia*(Hughes, 1970)와 *Ilyanassa obsoleta*(Gibson, 1984 a, b)에

서 보고되었다.

색소세포는 원주세포로서 상부 유리표면에는 다량의 microvilli가 존재하는데 이들의 길이는 광수용세포의 것보다 짧고($\sim 3 \mu\text{m}$), 직경은 130 nm 로서 더 굵다(Figs. 6, 7). 색소세포들의 감간들과 광수용세포들의 것들은 서로 만나 파상을 이루거나 때로는 어지러

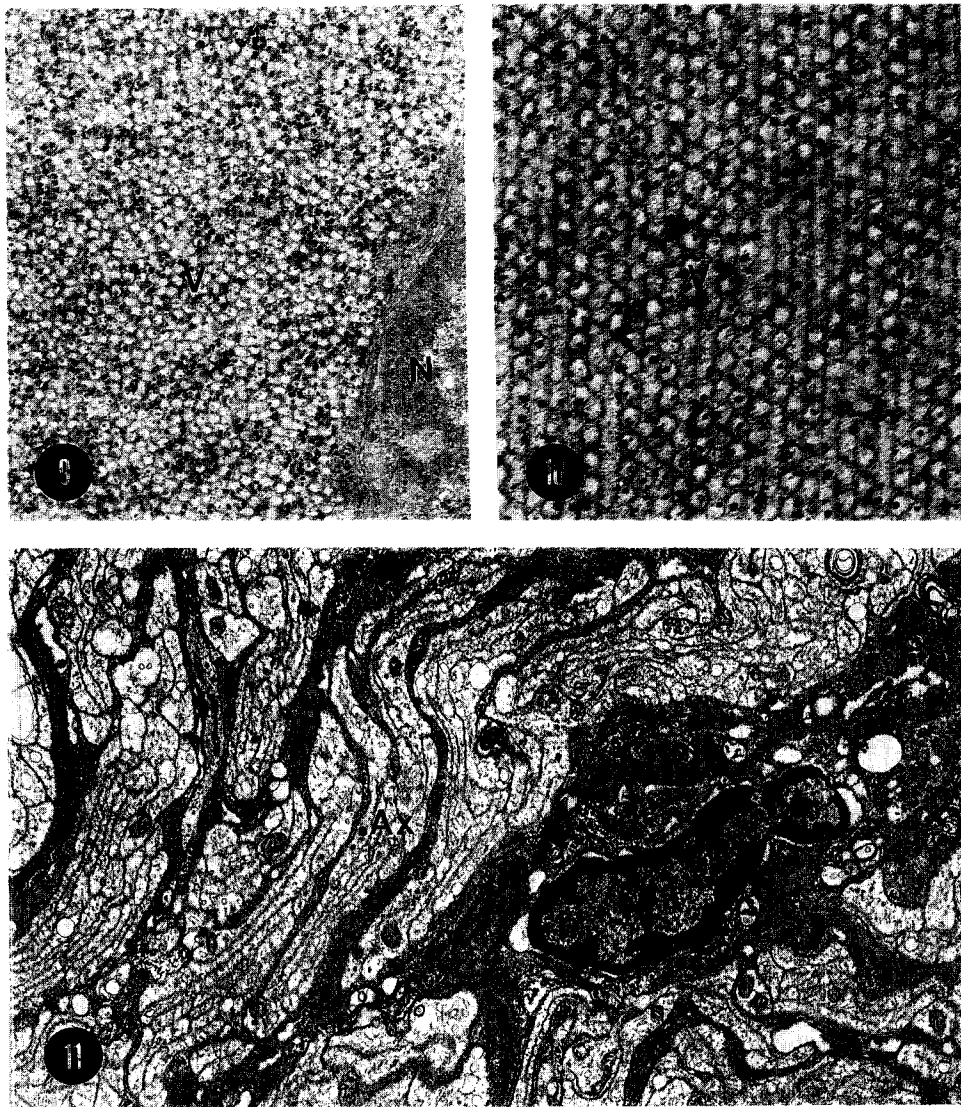


Fig. 9. The photic vesicles randomly packed in the surrounding area of a nucleus. $\times 33,000$

Fig. 10. The photic vesicles showing somewhat regular arrangement in the cytoplasm. $\times 60,000$

Fig. 11. Neuropile showing the nucleus(N) and axons(Ax). $\times 8,400$

은 불규칙한 배열을 보여주고 있었다. 색소세포의 중상부 세포질에는 크기가 다양하고(직경 ~ 850 nm) 전자밀도 역시 다양한 색소과립들이 밀집되어 있고 발달된 조면소포체, 미토콘드리아와 골지체가 잘 발달하고 있었다(Fig. 5).

망막을 이루고 있는 세포들 즉 광수용세포들과 색소세포들은 서로가 인접하여 있는데 색소세포들의 돌기

들이 광수용세포질의 내부 깊숙이 까지 침투하여 조직 절편상에서는 마치 광수용세포들이 색소를 지니고 있는 듯이 보였다(Fig. 7).

Eakin과 Brandenburger(1967)는 눈의 분화과정을 관찰한 결과 눈의 수정체와 초자체가 골지체로부터 유래한 작은 분비액적으로부터 기인한다는 사실을 확인 하였고 색소과립은 골지체를 포함한 여러가지 근원

으로부터 유래한 물질들이 전색소과립(propigment granule)상으로 분비되고 이후 적당한 효소들과 기질들이 포함되어 melanin을 형성하는 것 같다는 암시를 한 바 있다.

신경망(neuropile)은 망막상피의 후방에 발달하여 존재하는 바 전자 밀도가 낮아 망막 뒤로 밝은 띠를 두른 듯이 보인다(Figs. 8, 11). 이 것은 광수용세포들이 하단부로부터 신장되어 나와 다발을 이룬 것으로 사료되는데 본 연구에서의 관찰 결과는 Newell (1965)과 Brandenburger(1975)가 색소세포는 축색(axon)을 내지 않고 광수용세포만이 축색을 낸다는 보고 내용과 일치하나, *Helix aspersa*(Brandenburger, 1975)의 망막에서 발견된 광수용세포의 새로운 유형과 신경질은 아직 발견되지 않았다.

요 약

동양달팽이속(*Nesiohelix*)에 속하는 종으로 한국에서는 유일하게 서식하고 있는 종으로 알려진 동양달팽이(*Nesiohelix samarangae*) 성체의 눈에 대하여 해부학적 및 미세구조관찰을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

동양달팽이의 눈은 각막, 무세포성의 수정체, 망막 및 신경망 등으로 구성되어 있는 바 가장 복잡한 구조를 보이는 부분은 망막으로서 이의 상피는 2 종의 원주세포로 구성되어 있다. 그 하나는 광수용세포로서 세포의 상부세포질이 원추형 또는 피라미드형의 돌기를 이루었고 그 유리표면에는 긴 감간(microvilli)이 무수히 많이 존재하고 있으며, 돌기를 이룬 세포질 내에는 용해소체의 활성이 높게 나타난다. 또한 광수용세포들의 상부세포질에는 이웃해 있는 색소세포들의 세포질 돌기들이 여러개 침입해 들어와 있다. 그리고 핵 주변의 세포질에는 수많은 photic vesicle 들이 군집을 이루어 존재한다. 다른 한 종류의 세포는 색소세포들로서 광수용세포들과는 달리 세포의 상부에 원추형의 세포질 돌기가 없고 다만 그 유리표면을 따라 광수용세포의 것보다는 굵고 짧은 많은 감간이 존재하는데 두 종류의 세포들에서 뻗어나온 감간들은 서로 만나 때로 파상을 이루고 있다. 망막 상피세포층의 기

저막 아래에는 신경망이 컵모양의 망막을 따라 존재한다.

참 고 문 헌

- Brandenburger, J.L. (1975) Two new kinds of retinal cells in the eye of a snail, *Helix aspersa*. *J. Ultrastruct. Res.*, 50: 216-230.
- Eakin, R.M. and Brandenburger, J.L. (1967) Differentiation in the eye of a pulmonate snail *Helix aspersa*. *J. Ultrastruct. Res.*, 18: 391-421.
- Gibson, B.L. (1984a) Cellular and ultrastructural features of the regenerating adult eye in the marine gastropod *Ilyanassa obsoleta*. *J. Morph.*, 180: 145-157.
- Gibson, B.L. (1984b) Cellular and ultrastructural features of the adult and the embryonic eye in the marine gastropod, *Ilyanassa obsoleta*. *J. Morph.*, 181: 205-220.
- Gillary, H.L. and Gillary, E.W. (1979) Ultrastructural features of the retina and optic nerve of *Strombus luhanus*, a marine gastropod. *J. Morph.*, 159: 89-116.
- Hughes, H.P.I. (1970) A light and electron microscope study of some opisthobranch eyes. *Z. Zellforsch.*, 106: 79-98.
- Jacklet, J.W., Alvarez, R. and Bernstein, B. (1972) Ultrastructure of the eye of *Aplysia*. *J. Ultrastruct. Res.*, 38: 246-261.
- Kataoka, S. (1975) Fine structure of the retina of a slug, *Limax flavus* L. *Vision Res.*, 15: 681-686.
- Mayer, M. and Hermans, C.O. (1974) Fine structure of the eye of the prosobranch mollusk *Littorina scutulata*. *Veliger*, 16(2): 166-168.
- Newell, G.E. (1965) The eye of *Littorina littorea*. *Proc. Zool. Soc. Lond.*, 144: 75-86.
- Newell, P.F. and Newell, G.E. (1968) The eye of the slug, *Agriolimax reticulatus* (Müll). *Symp. Zool. Soc. Lond.*, 23: 97-111.
- Röhlich, P. und Török, L.J. (1963) Die Feinstruktur des Auges der Weinbergschnecke (*Helix pompatia* L.). *Z. Zellforsch.*, 60: 348-368.