

頭足類 (*Todarodes pacificus* and *Octopus minor*)

망막(retina)의 미세구조

한종민·장남섭

목원대학교 생명과학부

서론

일반적으로 고등동물에서의 망막(retina)은 빛 에너지를 최초로 받아들여 시각정보(visual information)를 분석하고 처리하는 기관으로 알려져 있다. 특히 망막은 광감수세포(photoreceptor cell), 이극세포(bipolar cell), 수평세포(horizontal cell), 무축삭세포(amacrine cell), 열기세포(interplexiform cell) 그리고 신경절세포(ganglion cell)등 여러 종류의 신경원들로 이루어졌으며 이들은 형태나 기능, 신경화학적 성상 및 분포상태에 의해 구분되어지고 있다(Sterling, 1983).

Wolken(1958)은 cephalopod의 망막이 rhabdome으로 이루어져 있고, 각각의 rhabdome은 4개의 visual retinal units(rhabdomeres or retinal rods)으로 구성되어 있다고 했다.

그리고 Zonana(1960)는 오징어인 *Loligo pealii*의 망막이 단순히 시각세포들(unicellular)로만 구성된다 있다고 하였으며, 광학현미경상에서 이들은 4층(외절, 간상기저부, 내절 그리고 망상층)으로 구분되어진다고 하였다. 또한 망막세포(retinula cell)의 세포질속에서는 myeloid body가 관찰되는데 이는 막구조의 형태로 소포체(endoplasmic reticulum)의 특수한 형태라고 밝힌 바 있다. 이러한 구조물들은 몇몇 두족류를 제외하고는 대부분 두족류의 photoreceptor에서 그 형태가 치밀층판(dense lamellae)의 구조를 형성한다고 하였다(Fernandez-moran, 1958). 특히 척추동물의 망막에서 lamellae는 "원형질막에 의해서 생긴 주름" 이라고 했었다(Moody and Robertson, 1960).

지금까지 연구된 결과 두족강의 망막을 구성하는 시각세포의 형태와 분포 그리고 세포의 미세구조는 종마다 약간의 차이가 있는 것으로 알려져 왔다. 또한 시엽과 연결되는 망막의 신경연접에 대해서는 상세히 연구한 논문이 드문 실정이다. 이에 우리나라 서해안에서 서식하고 있는 살오징어와 서해낙지를 재료로 망막을 구성하는 망막세포와 지지세포 그리고 망상층내의 신경연접부를 중심으로 관찰한 결과 두 종간 차이점이 인정되어 이를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

본 실험에 사용한 재료는 우리나라 서해안에서 서식하는 성숙된 살오징어(*Todarodes pacificus*)와 서해낙지(*Octopus minor*)로, 30% ethyl alcohol을 조금씩 첨가하여 마취시킨 다음, 안구를 적출하고 절개하여 망막을 떼어낸 후 실험에 사용할 수 있도록 필요한 부위를 적당한 크기로 잘라냈다. 고정에는 Millonig(1961)의 방법에 따라 전고정없이 OsO_4 (pH 7.3, sodium phosphate buffer with glucose)로만 2~4시간 고정하였다. 고정이 끝난 재료는 0.2M phosphate buffer(pH 7.3)로 3회 세척하고, ethanol 농도순으로 탈수시킨 다음, propylene oxide로 치환한 후 epon 812로 포매하였으며 60°C 파라핀 오븐에서 40시간 경화시켰다. epon블럭은 LKB-V ultramicrotome을 사용하여 1 μm 두께의 박절편을 만들고 이를 methylene blue로 단일염색 후 광학현미경하에서 정확한 부위를 확인한 다음, 초박절편을 만들었다. 초박절편을 uranyl acetate와 lead citrate로 이중염색을 한 후, Hitachi H-600 투과전자현미경(75KV)으로 관찰하였다.

결과 및 요약

살오징어와 서해낙지의 망막(retina)은 단극(unipolar)의 망막세포(retinula cell)로 구성되어 있는데, 외절(outer segment), 간상기저부(rod base region), 내절(inner segment) 그리고 망상층(plexiform layer) 등 4개의 층으로 구성되어 있었다. 망막의 두께는 오징어(385~400 μm)보다 낙지에서(400~420 μm) 약간 더 두터웠다.

외절의 정단에는 경계막들(internal limiting membrane or limitans)이 확인되었고, 외절 상단부 쪽으로는 0.6~0.75 μm 정도 크기의 미세융모가 있었다. 시각세포의 세포질은 양쪽으로 미세융모돌기가 감싸고 있어 빗살 모양의 rhabdome을 형성하였는데, 직경 600 Å의 정육각형 구조물들이 가로와 세로방향으로 질서있게 배열되어 있었고, 미세융모 사이에는 extracellular space가 위치해 있었다. 두 종의 망막 rhabdome을 횡단 관찰한 결과 하나의 rhabdome은 4개의 rhabdomere들로 구성되어 있었고, 총 단면적에서 서해낙지가 살오징어에 비해 두 배정도 큰 것을 확인할 수 있었다. 시각세포의 세포질돌기들은 둥근 형태이거나 장타원형을 형성하면서 rhabdomere 사이를 달리고 있었는데, 이들 세포질 내에는 전자밀도가 높은 색소과립과 섬유상물질들이 포함되어 있었다.

간상기저부에서는 시각세포의 색소과립(2.0x0.5 μm)이 지지세포의 색소과립(1.0x0.3 μm)보다 비교적 컷고, 시각세포 주위의 지지세포는 타원형의 핵을 소지하고 있었다. 이들 두 세포 사이에서는 치밀반(desmosome)과 같은 연결장치들을 빈번하게 확인할 수 있었고, 오징어에서는 격막연접(septate junction)도 관찰되었다.

내절부에서는 시각세포의 장타원형 핵들이 관찰되고, 세포질에서는 층판구조(lamellate

structure)의 myeloid body가 관찰되었다.

망상층에서는 시각세포의 말단들이 신경다발과 많은 신경접합(synapse)을 형성하고 있었고, 특이하게도 거대 미토콘드리아들은 세포막에 밀착되어 있는 경우가 많았다. 망상층의 하단부에서는 많은 신경망들이 여러 종류의 연접체(synaptosome)들을 형성하고 있었는데, 살오징어에서는 약 100nm 크기의 전자밀도가 높은 핵을 포함하고 있는 소포(electron dense-core vesicle)들과 50nm 크기의 전자밀도가 낮은 소포(electron lucent vesicle)들이 혼합되어 있는 경우가 많았고, 서해낙지에서는 전자밀도가 낮은 소포(electron lucent vesicle)들로만 구성된 연접체들이 주로 관찰되었다.

참고문헌

1. Cohen AI, 1973. An ultrastructural analysis of the photoreceptors of the squid and their synaptic connections: photoreceptive and non-synaptic regions of the retina, *J. Comp. Neur.*, 147: 351-378
2. Fernandez-Moran H, 1958. Retinal structure of mollusc cephalopods; octopus, *Sepia*. *J. Biophys. & Biochem. Cytol.*, 31: 319
3. Moody MF, Robertson JD, 1960. Fine structure of some retinal photoreceptors. *J. Biophys. & Biochem. Cytol.*, 7: 87-91
4. Saibil H, Hewat E, 1987. Ordered transmembrane and extracellular structure in squid photoreceptor microvilli. *J. Cell Biology*, 105: 19-28
5. Sterling P, 1983. Microcircuitry of the cat retina. *Ann Rev Neurosci.*, 149-185
6. Wolken JJ, 1958. Retinal structure. Mollusc Cephalopods: *Octopus*, *Sepia*, *J. Biophysic. and Biochem. Cytol.*, 4: 835-841
7. Yamamoto T, Tasaki K, Sugawara Y, Tonosaki A, 1965. Fine structure of the octopus retina. *J. Cell Bio.*, 25: 345-359
8. Zonana HV, 1960. Fine structure of the squid retina. *Bulletin of the Johns hopkins hospital*. 109: 185-205