

한국산 낙지 (*Octopus minor*) 흡반(Sucker)내 분비 및 감각수용세포 II

장 남 섭*

목원대학교 자연과학대학 생명과학부

Secretary and Sensory Receptor Cells in the Sucker of Korean *Octopus minor* II

Nam Sub Chang*

Department of Biology, Mokwon University, Taejon 302-729, Korea

(Received July 12, 2000)

ABSTRACT

Five kinds of sensory cells, called A1-, A2-, B-, C-, and D-type cell, respectively, are observed in the epithelial tissue of sucker's infundibulum of Cephalopoda, *Octopus minor*.

The A1-type cells lie side by side with the B-type cell in the epithelium of sucker's infundibulum. In the A1-type, the nucleus shapes irregularly and the karyolymph appears dark due to its high electron density. The cytoplasm is filled with many vacuoles of various sizes (0.04~0.4 μm in diameter), which move to the apical portion of the cell to be secreted via glycocalyx.

The A2-type cells are mainly found at the basal portion of the epithelium. The shape of its nucleus is similar to that in the A1-type cell, and the cytoplasm, filiform or in reticular form, shows high electron density.

The B-type cell contains an ovoid nucleus and the cytoplasm where lots of vacuoles which resemble the endoplasmic reticulum and electron-dense round granules of various sizes (0.25~0.6 μm) are found. The vacuoles and granules are secreted into the free surface via glycocalyx.

The C- and D-type cells in simple or stratified layer are observed at the folded portion of the sucker's epithelium. The C-type cell contains a low electron-dense elliptical nucleus, while the D-type cell has an irregular nucleus where heterochromatin is well developed.

Key words : Sucker, Sensory receptor cells, *Octopus minor*

서 론

두족강(Cephalopoda)은 상완(brachial arm)에 부착

된 흡반(sucker)을 가지고 물체에 부착하거나 몸을 이동하는데 사용할 수 있을 뿐 아니라 여러 종류의 정보도 수집할 수 있는 것으로 알려졌다. 특히 흡반에는 화학감수기(Giesberg, 1926; Well, 1963)와 촉각

* Correspondence should be addressed to Dr. Nam Sub Chang, Department of Biology, Mokwon University, Taejon 302-729, Korea. Ph.: (042) 829-7582, FAX: (042) 823-9717, E-mail: nschang@mokwon.ac.kr

감수기(Well, 1963, 1964; Rowell, 1963, 1966)가 분포하고 있어 먹이를 인식하고, 접근한 후 포획하여 입으로 운반한다.

이와 같은 감수기는 흡반의 누두부(infundibulum) 상피조직속(Graziadei, 1959a, 1964b, 1965)에 있거나 상피하조직인 결합조직(Graziadei, 1960a, b, 1961, 1965)속에 존재하고 있는데, 이들은 상완의 끝부위에 부착된 작은 흡반(직경 2~3 mm)에 가장 많이 분포하고 있으며, 기저부 굵은 상완에 부착된 큰 흡반(직경 15 mm)에는 비교적 드물게 분포하고 있는 것으로 알려졌다. 또한 큰 흡반에는 직경 40 μm 크기의 큰 신경세포가, 작은 흡반에는 직경 10 μm 크기의 작은 신경세포가 분포한다고도 하였다(Graziadei, 1962).

이와 같이 두 종류의 흡반 속에서 감수기의 존재를 실제로 해부를 통해 확인한 것은 Graziadei (1964a, 1966)로서 광학현미경과 은염색(silver staining) 기술을 통해 8각류(octopoda)와 10각류(decapoda)의 흡반 모두에서 확인한 바 있다.

특히 10각류인 오징어류의 흡반 각질치가 나 있는 누두부 상피조직에서 매우 큰 촉각감수기의 존재를 확인한 바 있는데(Graziadei, 1959a, b), 이들은 다극성(multipolar) 신경세포로서 누두부의 상피조직 속에 존재한다고 하였다.

최근에는 Chang (1992)이 낙지 *Octopus variabilis*의 흡반 속에서 분비 및 수축성 감각수용세포 등 5종의 세포를 관찰 한 바 있으며, 이어 1993년에는 쇠오징어 *Sepiella maindroni*의 흡반에서 4종의 감각세포와 2종의 점액세포가 확인된 바 있었다(Chang, 1993). 이에 본 실험에서는 지속적인 연구의 일환으로 낙지 *Octopus minor* (일명 *Octopus variabilis*)의 흡반을 관찰해오던 중 이미 확인된 바 있는 감각수용세포에서 새로운 구조물들이 확인되어 이를 보충 발표하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

한국산 낙지(*Octopus minor*)를 변산반도 일대에서

포획한 후 실험실로 운반하여 바닷물과 모래 그리고 형광등이 켜진 수조에서 2~3일간 사육하면서 흡반의 기능에 대한 관찰을 수행한 후 실험재료로 사용하였다.

2. 실험방법

한국산 낙지를 30% ethyl alcohol로 마취시킨 다음, 10개의 다리 중 하나를 택해 실험에 사용할 수 있도록 적당한 크기로 잘라낸 다음, 2.5% paraformaldehyde-3% glutaraldehyde로 1시간 30분 전고정을 하고, 이어서 OsO_4 로 2시간 후고정을 하였다. 고정이 끝난 재료는 0.2 M phosphate buffer (pH 7.3)로 3회 세척을 하고, ethanol 농도순으로 탈수시킨 후 통상법에 의하여 Epon 812로 포매를 하였으며 60°C 파라핀오븐에서 40시간 경화시켰다.

Epon블록은 LKB-V ultramicrotome을 사용하며 1 μm 두께의 박절편을 만들고 이를 methylene blue-basic fuchin 이중염색(이하 m-b 이중염색이라 칭함)을 한 후 광학현미경하에서 정확한 부위를 확인한 다음 초박절편을 만들었다. 초박절편은 uranyl acetate와 lead citrate로 이중염색을 하고, JEM 100CX-II 투과전자현미경(80 KV)으로 관찰하였다.

결 과

낙지의 누두부 및 흡반부 상피조직에서 A1, A2, B, C 및 D형 등 5종류의 분비 및 감각세포들(이하 A1, A2, B, C 및 D세포라고만 칭함)이 각각 관찰되었다.

1. A형 세포 (type-A cell)

A형 감각세포는 A1세포와 A2세포 등 두 종류가 관찰되었는데 A1인 경우 대부분 누두부에서 B형세포와 나란히 연결되어 있어 그 크기가 B형세포와 유사했다. 이중막으로 구성된 핵은 그 크기가 0.9×0.4 μm 크기로서 세포질용적에 비해 작고 불규칙하였다. 핵질은 전자밀도가 높아서 겹게 또는 중등도로 관찰되었으며 사상형의 불규칙한 이질염색질들이 핵질 속에 흩어져 있거나 모여 있었다. 특이하게도 세포질은 크고 작은 공포들(직경 0.4~0.04 μm)로 가득차 있어 해면처럼 보였으며 이들은 세포의 상단으로 이

동하면서 대소형의 둥근 공포들로 변모되었고 그 내부에는 전자밀도가 중등도인 물질이나 $0.04\ \mu\text{m}$ 크기의 미세소관들이 내포되어 있었다. 이들 공포들은 세포상단으로 이동되면서 점차 작아져 직경 $0.04\ \mu\text{m}$ 정도로 소포화(小胞化) 되었으며, 세포의 상단을 덮고 있는 막성분인 당피막을 통해 분비되었다. 또한 당피막의 상단에는 $0.9 \times 0.2\ \mu\text{m}$ 정도 크기의 손가락형태의 돌기들이 10개 정도 밀집되어 나타났다. 더욱이 특이한 점은 세포질내 공포들 사이에서 전자밀도가 높아 검게 보이는 막대형의 분비물질들이 세포의 상단을 향해 연속적으로 이동하였는데 이들은 검은색의 미세용처럼 보였다(Figs. 2, 3, 4).

A2 세포인 경우는 대부분 상피조직의 하단에서 관찰되었다. 핵은 모양이 불규칙하고 전자밀도는 높아서 검게 관찰되었으며 불규칙한 형태의 이질염색질들이 핵질속에 흩어져 있었다. 전자밀도가 높은 세포질은 사상형 또는 망상형을 이루면서 B형세포 사이를 거쳐 세포의 상단으로 뻗어 있었다. 이 세포는 핵의 형태로 보아서 A1세포와 같았으나 세포질의 형태가 매우 특이하여 A2세포로 분류하였다(Figs. 1, 8).

2. B형 세포 (type-B cell)

이들은 대부분 누두부에서 많이 관찰되는 세포로서 세포의 크기는 $50 \times 13\ \mu\text{m}$ 정도이고, $11 \times 0.9\ \mu\text{m}$ 정도 크기의 난원형의 핵을 소지하고 있었다. 핵질은 전자밀도가 낮아 밝게 관찰되고 과립상의 작은 이질염색질들이 핵질속에 분산되어 있거나, 간혹 무리지어 나타나기도 하였다.

세포의 상단에는 $0.5 \times 0.07\ \mu\text{m}$ 정도 크기의 손가락 형태의 미세용모들이 뾰뾰하게 밀집되어 있었으며 그 상단으로는 $0.04\ \mu\text{m}$ 정도 두께의 막성분인 당피막이 산모양의 굴곡을 이루면서 덮여 있었다. 세포질은 전자밀도가 높아 어둡게 관찰되고 소포체형태의 공포들로 가득 차 있었는데 이들 핵의 상단에서 대소형의 둥근 소포형태로 바뀌면서 세포상단으로 이동하였다. 또한 세포질 속에는 전자밀도가 높아서 검게 보이는 다양한 크기($0.6 \sim 0.25\ \mu\text{m}$)의 둥근 과립들이 많은 소포들과 더불어 혼재되어 나타났다. 이 세포는 측면 원형질막인 세포의 경계를 확인키 어려웠다(Figs. 1, 5, 6).

3. C형 세포 (type-C cell)

이 세포는 흡반의 주름을 형성하는 다층상피 속에서 관찰되거나 단층을 이루는 A형세포 사이에 존재하고 있었는데, 세포질은 전자밀도가 낮아서 밝게 관찰되고 긴 핵을 소지하고 있었다. 핵질 또한 밝게 관찰되었고 이질염색질은 거의 관찰되지 않았다(Figs. 2, 8).

4. D형 세포 (type-D cell)

흡반상피의 주름진 곳에 주로 존재하는 세포로서 단층이거나 다층구조를 하고 있었다.

핵은 비교적 둥글지만 불규칙한 경우가 많고 밝은 핵질 속에는 검은 이질염색질들이 핵막 가까이 모여 있거나 분산되어 나타났다.

핵막은 이중막으로서 핵막내강이 발달해 있었고 그 넓이는 불규칙하였다(Figs. 2, 7).

고 찰

Rossi & Graziadei (1958) 그리고 Graziadei (1962, 1964a, b) 등은 연체동물인 낙지와 오징어류의 흡반을 해부학적으로 누두부, 흡반부 그리고 병부 등 3부분으로 나누었다.

특히 Santi & Graziadei (1975)는 오징어류의 흡반은 낙지류의 흡반과는 달리 각질치(cuticular teeth)가 있으며 이들은 각질성상피로 둘러싸여 있다고 하였다. 역시 Chang (1992)도 낙지류 *Octopus variabilis*의 흡반을 누두부, 흡반부 그리고 병부 등 3부위로 나누었으며 각질치는 관찰하지 못하였다.

Graziadei (1962)는 낙지류 *Octopus vulgaris*의 흡반 상피조직에서 1차감각세포(primary sensory cell)인 a, b 및 c형의 세포들을 관찰한 바 있다.

Chang (1992)도 낙지류 *Octopus variabilis*의 흡반상피조직에서 분비성 감각세포 2종, 상피성 감각세포 2종 그리고 해면질성세포 등 5종을 관찰한 바 있으며, 오징어류 *Sepiella maindroni* (Chang, 1993)에서도 3종의 감각세포, 1종의 감각상피세포 그리고 2종의 점액 분비세포 등 총 6종류의 세포들을 각각 관찰한 바 있었다. 그러나 *Octopus minor*를 재료로 한 본 연구

에서는 흡반 상피조직에서 5종류의 세포들을 관찰할 바 있는데 Chang (1992)의 연구에서 관찰된 5종류의 세포들과 비교할 때 몇가지 새로운 구조물들이 확인되었다.

즉, A형 세포인 경우 본 연구에서는 A1과 A2형 등 두 종류가 관찰되었으며, 특히 이들 중 A1 세포인 경우 많은 수의 대, 소형 소포들과 전자밀도가 높은 막대형 분비물질들이 세포의 상단 당피질을 통해 세포의 자유면으로 각각 분비되는 것이 새롭게 관찰되었다.

A1 세포가 소지한 핵은, Chang (1992)의 연구에서는 전자밀도가 매우 높아 검게 보였고 큰 역삼각형 모습인데 비해 본 연구에서는 전자밀도가 상대적으로 낮고 불규칙하였으며 핵질내에는 실모양의 이질 염색질들이 발달해 있어 약간 다른 모습을 보였다.

갑오징어 *Sepia officinalis* (Graziadei, 1964b)의 흡반 상피조직에서도 A형 및 B형 감각세포가 관찰된 바 있는데 이들은 낙지류를 재료로 한 Chang (1992)의 연구에서 관찰한 A형세포와 매우 유사하였다.

Chang (1992)의 연구에서 관찰된 B형 감각세포인 경우는 전자밀도가 낮은 물질들을 함유하고 있는 많은 수의 타원형 액포(크기 $0.5 \times 0.4 \mu\text{m}$)들이 세포질 속에서 관찰된데 비해 본 연구에서는 B형 세포가 여러 형태의 많은 공포와 $0.9 \sim 1.8 \mu\text{m}$ 정도 크기의 전자밀도가 높은 둥근과립들을 세포 상단으로 분비하고 있어 B형 세포간 약간의 차이점이 확인되었다. 이와 같은 현상은 같은 종에서도 계절에 따른, 또한 환경조건에 따른 생리적 변화에 의해 세포내 분비물형성과 축적 그리고 분비가 다르게 이루어질 수도 있기 때문에 앞으로 계절과 환경조건을 달리하는 다양한 조건하에서 흡반 상피세포에 대한 보다 심도있는 연구가 계속되어야 할 것이다.

그러나 본 실험에서 관찰된 C형과 D형 세포는 Chang (1992)에서 관찰된 C형 및 D형 세포와 그 구조가 일치하였고, 다만 D세포인 경우 핵질 속에 이질 염색질 덩어리들이 발달해 있는 점만이 달랐다.

참 고 문 헌

Chang NS: Secretory and Contractile sensory receptor cells in

the Sucker of Korean *Octopus variabilis*. Korea J Zool 35: 441-427, 1992.

Chang NS: Mucous and Sensory receptor cells in Korean Squid. Korean J Zool 36: 293-303, 1993.

Giersberg H: Uber den chemischen sinn von *Octopus vulgaris*. Lmk Z vergl physiol 3: 827-838, 1926.

Graziadei P: Sulla presenza di element nervosi negli epitheli di rivestimento della ventosa di *Sepia officinalis*. Z Anat Entwgesch 121: 103-115, 1959a.

Graziadei P: Sulla innervazione della ventosa del braccio sessile di *Loligo vulgaris*. Atti. Soc. Ital. Ant. xx convergeno Anat EntwGesh 122: 103-115, 1959b.

Graziadei P: Nouvelles donnees sur le systeme nerveux de La ventouse du bras sessile de *Loligo vulgaris*. Acta Anat 40: 231-248, 1960a.

Graziadei P: Particolari nuovi sulla struttura deil apparato nervoso destinato alla ventosa di *Ommatostrephes sagittatus*. Acc Naz Lincei 29: 597-600, 1960b.

Graziadei P: Contributo allo studio dell'apparato nervoso del tentacolo dei cefalopodi decapodi. La ventosa de *Ommatostrephes sagittatus*. Rev Biol 54: 111-128, 1961.

Graziadei P: Receptors in the Suckers of *Octopus*. Nature Lond 195: 57-59, 1962.

Graziadei P: Electron microscope of some primary receptor in the Sucker of *Octopus vulgaris*. Z Zellforsch 64: 510-522, 1964a.

Graziadei P: Receptors in the Suckers of the Cuttlefish. Nature 203: 384-386, 1964b.

Graziadei P: Electron microscope observation of some peripheral synapses in the sensory pathway of the Sucker of *Octopus vulgaris*. Z Zellforsch 65: 363-379, 1965.

Graziadei P: The Ultrastructure of the motor nerve endings in the muscles of cephalopodes. J Ultrastruct Res 15: 1-13, 1966.

Rossi F, Graziadei P: Nouvelles contributi a'la conoscenza IV. Le patrimonio nerveux de la ventouse de l'*Octopus vulgaris*. Acta Anat. Suppl 32: 1-79, 1958.

Rowell CHF: Excitatory and inhibitory pathway in the arm of *Octopus*. J Exp Biol 40: 257-270, 1963.

Rowell CHF: Activity of interneuron in the arms of *Octopus* in response to tentacle stimulation. J Exp Biol 44: 589-605, 1966.

Santi PA, Graziadei PPC: A light and electron microscope study on intraepithelial putative mechanoreceptor in Spuid

- Suckers. *Tissue and Cell* 7 : 688-702, 1975.
- Well MJ: The orientation of *Octopus*. *Ergeb Biol* 26 : 40-54, 1963.
- Well MJ: Tactile discrimination of surface curvature and shape by the *Octopus*. *Exp Biol* 41 : 433-445, 1964.

< 국문초록 >

두족강 낙지류 (*Octopus minor*)의 흡반 누두부 상피조직에서 관찰된 감각세포들은 A1, A2, B, C 그리고 D형세포 등 5종류가 관찰되었다.

A형세포는 A1과 A2형 등 두 종류가 확인되었다.

A1형은 주로 흡반의 누두부 상피조직에서 B형세포와 나란히 연결되어 있었으며 핵은 불규칙한 형태였고 핵질은 전자밀도가 높아서 어렵게 관찰되었다. 세포질 속

에는 대, 소형의 많은 공포들(직경 0.4~0.04 μm)로 가득차 있었으며 이들은 세포의 상단쪽으로 이동하면서 당피막을 통해 분비되었다.

A2형은 주로 상피조직의 하단부에 존재하였으며, 핵의 형태는 A1형과 같았다. 세포질은 사상형 또는 망상형으로 전자밀도가 높게 나타났다.

B형세포는 난원형의 핵을 소지하고 있었으며, 세포질 속에는 소포체 모양의 많은 공포들과 전자밀도가 높은 다양한 크기(0.6~0.25 μm)의 둥근 과립들이 있었는데 이들은 당피막을 통해 세포의 자유면으로 분비되었다.

C형세포와 D형세포는 주로 흡반상피의 주름진 부위에서 단층 또는 다층 구조 형태로 관찰되었다. C형세포는 전자밀도가 낮은 긴 타원형의 핵을 소지한데 비해, D형은 이질염색질이 발달된 불규칙한 핵을 소지하고 있었다.

FIGURE LEGENDS

- Figs. 1-2.** Light micrographs showing the type-A (A), type-B (B), type-C (C) and type-D (D) cells. methylene blue-basic fuchsin double staining. arrow, glycocalyx. Scale bars = 20 μm , 20 μm .
- Fig. 3.** Electron micrograph showing the type-A1 cells in the epithelium of sucker. arrowhead, glycocalyx; Ch, chromatin; N, nucleus; V, small and large shaped vacuoles. Scale bar = 10 μm .
- Fig. 4.** Magnification of fig. 3. arrow, rod shaped electron dense granules; arrowhead, glycocalyx; open arrow, digital shaped processes; V, small and large shaped vacuoles. Scale bar = 2 μm .
- Fig. 5.** Electron micrograph showing the type-B cells in the epithelium of sucker. open arrow, secretory granules; arrow, ER shaped vacuoles; N, nucleus. Scale bar = 10 μm .
- Fig. 6.** Magnification of fig. 5. arrow, secretory granules; Mv, microvilli; V, vacuoles. Scale bar = 3 μm .
- Fig. 7.** Electron micrograph showing the type-D cells in the epithelium of sucker. Ch, heterochromatin; N, nucleus; V, vacuoles. Scale bar = 5 μm .
- Fig. 8.** Electron micrograph showing the type-A2 (A), type-C (C) and type-D (D) cells in the epithelium of sucker. arrow, reticular cytoplasm of type-A2 cells. Scale bar = 5 μm .



