

아프리카 왕달팽이 (*Achatina fulica*) 뇌신경절 (Cerebral ganglion)의 미세구조

장 남 섭*

목원대학교 이공대학 생명과학부

A Ultrastructural Study on the Cerebral Ganglion of the African Giant Snail, *Achatina fulica*

Nam Sub Chang*

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

(Received May 10, 1999)

ABSTRACT

In this paper, five kinds of neurosecretory cells—light green (LG) cell, dark green (DG) cell, caudo-dorsal (CD) cell, blue green (BG) cell, and yellow (Y) cell— and neuropils in the cerebral ganglion of the African giant snail, *Achatina fulica*, were observed with an electron microscope. The following results were obtained.

The LG cells are circular or ovoid in shape, and about 60 μm in size. The nucleus and cytoplasm of the LG cell look light due to their electron-low density. Large granular chromatins are evenly developed in the karyolymph, where round nucleoli are also found. In the cytoplasm, electron-high dense round granules of 0.4 μm in average size are crowded.

The DG cells are ovoid in shape, and 50~20 μm in size. These relatively electron-high dense cells were rarely found. In their cytoplasm, cell organelles such as rough endoplasmic reticulum and mitochondria are found together with electron-high dense round granules of 0.2 μm in average size.

The CD cells are ellipsoidal cells densely distributed in caudo-dorsal parts of the cerebral ganglion. They have large nuclei compared with the cytoplasm. The developed granular heterochromatins are observed in the karyolymph, and lots of small round granules of 0.12 μm in average size in the cytoplasm.

The BG cells, rarely found around endoneurium of the cerebral ganglion, take the shapes of long ellipses. They look dark due to their electron-high density. In the cytoplasm, small round granules of 0.1 μm in average size are found.

The Y cells are the smallest among the neurosecretory cells (9 \times 6.6 μm in size). They are found mostly between the medio-dorsal parts and the caudo-dorsal parts of the cerebral ganglion. In the cytoplasm, tiny round granules of 0.08 μm in average size form a group.

The neuropils are found in the middle of the cerebral ganglion. In the axon ending, round granules with electron-high density (0.07~0.03 μm in diameter) and lucent vesicles (0.03 μm in diameter) are found in large quantities. They are excreted in the state of exocytosome formed by the invagination of the limiting membrane of the axon ending.

Key words : Cerebral ganglion, Ultrastructure, *Achatina fulica*

* Correspondence should be addressed to Dr. Nam Sub Chang, Department of Biology, Mokwon University, Doan-dong 800, Seo-ku, Taejon 302 729, Korea. Ph: (042) 829-7582, FAX: (042) 823-9717. E-mail: nschang@home.mokwon.ac.kr
Copyright © 1999 Korean Society of Electron Microscopy

서 론

연체동물 복족강(Gastropoda)에 속하는 종들(species)을 대상으로 한 신경분비 현상(neurosecretory phenomenon)에 관한 연구는 Gabe(1966), Simpson(1966), Durchon(1967) 등이 있었다.

Cook(1966)는 병안목(Stylommatophora)에 속하는 *Succinea putris*를 고전적 신경분비세포 염색법인 chrome-hematoxylin(CH)과 paraaldehyde-fuchsin(PF)를 사용하여 Gomori에 양성 반응을 보이는 3종류의 신경분비세포를 확인 보고하였으며, Schooneveld(1970)는 colorado 풍뎡이(*Leptinotarsa decemlineata*)를 대상으로 하여 얻은 비슷한 연구 결과를 보고한 바 있다.

유패류(Pulmonate)의 뇌신경절에도 Gomori에 양성 반응을 보이는 신경분비세포들이 존재하였는데 이들로부터 형성된 물질이 축색돌기와 뇌신경절 교련부(cerebral ganglion commissure)를 거쳐 중앙구순신경(medial lip nerve)에 전달되었으며, 이어 neurohaemal area에 도달한다고 하였다(Joosse, 1964; Rhnisch, 1964; Nolte, 1965).

복족강의 신경분비세포에 관한 미세구조적인 연구는 *Aplysia californica*(Rosenbluth, 1963; Coggeshall, 1967)를 위시해서 유패류(Pulmonate)를 재료로 한 여러 연구가 있었다(Nolte, 1965; Boer et al., 1968; Simpson et al., 1966). 이어 신경분비세포의 축색종말에서 분비성 과립들이 외포작용(exocytosis)에 의해 분비하는 현상 등을 관찰함으로써 신경분비세포가 일종의 neuron임을 입증하였다(Bern & Knowles, 1966).

1970년에는 Wendelaar-Bonga(1970)는 peute와 Kamer(1967)의 AB/AY 염색법을 개량하여 신경분비 세포들을 각각 특징적으로 염색하여 구분하는데 성공 하였으며, 최근에는 여러 신경분비세포의 종류에 따른 분비성 neuropeptide의 구조와 그 기능을 연구 하는데 전념을 하고 있지만(Roubos, 1984; Geraerts et al., 1988; Scheller & McAllister, 1983; Nagle et al., 1989; Heumen & Roubos, 1991), 물달팽이(*Lymnaea stagnalis*)의 몇종의 신경분비세포에서 형성된 과립의

종류와 성분확인만을 했을 뿐, 신경분비세포의 종류에 따른 미세구조적 특징과 이들로부터 형성된 과립의 종류를 구분하는데는 미흡한 점이 있었다.

이에 본 실험에서는 아프리카 왕달팽이를 재료로 하여 AB/AY 염색법을 이용 신경분비세포들을 염색 구분하고(Chang & Han, 1999, in press), 이들을 전자현미경을 통해 미세구조적 특징을 확인코저 본 연구를 시도하게 되었다.

재료 및 방법

1. 실험재료

98년 10월경 경기도 근교의 달팽이 사육농원에서 식용 왕달팽이(*Achatina fulica*)를 실험실로 옮겨 사육관찰한 후 실험재료로 사용하였다.

2. 실험방법

아프리카 왕달팽이를 30% ethyl alcohol로 마취시킨 다음 측각 아래 머리부위를 절개하여 뇌신경절을 적출 하였으며, 실험에 사용할 수 있도록 적당한 크기로 잘라낸 후, 2.5% paraformaldehyde-3% glutaraldehyde로 1시간 30분 전고정하고, 이어서 O_5O_4 로 2시간 후고정하였다. 고정이 끝난 재료는 0.2M phosphate buffer(pH 7.3)로 3회 세척하고, ethanol 농도순으로 탈수시킨 후, 통상법에 의하여 Epon 812로 포매 하였으며 60°C 파라핀 오븐에서 40시간 경화시켰다.

Epon블럭은 LKB-V ultramicrotome을 사용하여 1 μ m 두께의 박절편을 만들고 이를 methylene blue-basic fuchsin 이중염색 후 광학현미경하에서 정확한 부위를 확인한 다음, 초박절편을 만들었다. 초박절편을 uranyl acetate와 lead citrate로 이중염색을 한 다음, JEM 100CX-II 투과전자현미경(80 KV)으로 관찰하였다.

결 과

식용 아프리카 왕달팽이 뇌신경절을 AB/AY 염색법(Wendelaar-Bonga, 1970)에 따라 염색한 결과 뇌신경질의 8부위인 양측 중배부위(medio-dorsal parts), 측배부위(latero-dorsal parts), 미배부위(caudo-

dorsal parts) 그리고 측엽부위 (lateral-lobes) 등에서 관찰된 light green (LG) cell, dark green (DG) cell, caudo-dorsal (CD) cell, blue green (BG) cell 그리고 yellow (Y) cell 등 5종의 신경분비세포들의 미세구조적 특징을 전자현미경을 통해 관찰한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Light Green (LG) Cell

이 세포는 뇌신경절 8부위 중 양측 중배부위 (medio-dorsal parts)에서 주로 많이 관찰된 직경 60 μm 정도 크기의 세포로서, methylene blue-basic fuchsin 이중염색(이하 m-b 이중염색)에서 거의 투명하게 관찰되었다.

이들은 전자현미경하에서도 밝게 관찰되고 다양한 크기(0.4~0.1 μm)의 전자밀도가 높은 둥근 과립들이 세포질을 가득 채우고 있었다. 이들이 소지한 타원형이거나 둥근 핵의 밝은 핵질속에는 2.8 μm 정도 크기의 둥근 인과 많은 과립상의 염색질들이 고르게 발달해 있었으나, 세포소기관의 발달은 미약하였다.

2. Dark Green (DG) Cell

이 세포는 뇌신경절의 8부위에서 비교적 고르게 관찰된 세포로서 m-b 이중염색에서 강한 methylenophilia를 나타내었다.

이들은 크기가 다른 두 종(직경 50 μm 와 20 μm)이 관찰되었는데, 많은 분비성 둥근 과립들을 소지하고 있었다. 그 중 작은 DG세포인 경우에는 대부분 세포질에 비해 큰 핵을 소지하고 있었고, 핵질내 과립상의 이질염색질들은 큰 DG세포에 비해 모양이 비교적 불규칙하고 조밀하게 발달하지 못하였다. 또한 세포질에는 과립들 외 다수의 공포와 과립성 소포체 그리고 여러 형태의 cytosome들이 관찰되었다.

3. Caudo-Dorsal (CD) Cell

이 세포는 50×25 μm 정도 크기의 타원형의 세포로서, 핵의 크기는 38×18 μm 정도로 세포질에 비해 매우 컸다. 또한 핵질은 전자밀도가 낮아서 밝게 보였으며 다양한 형태의 굵은 많은 염색질들은 내포하고 있었다.

이들은 m-b 이중염색에서 핵과 세포질이 강한

methylenophilia를 나타내었으며, 전자현미경 관찰에서도 전자밀도가 비교적 높게 나타났다. 세포질에는 0.12~0.08 μm 정도 크기의 비교적 작은 둥근 과립들이 부분적으로 집단을 이루고 있는 경우가 많아서, 고른 분포현상은 볼 수 없었으며, 과립성 소포체와 다소포체 (multivesicular body) 그리고 cytosome 등이 관찰되는 특징을 보였다. 또한 이 세포는 뇌신경절의 미배부위 (caudo-dorsal parts)에서 약 100~120개 정도가 밀집되어 있었는데, 이들은 두 세포가 접합할 시 신경연접 (typical synapse) 현상은 거의 관찰되지 않고, 다만 신경 세포체에서 형성된 분비성 과립들이 연접들기를 통해 외포되는 현상 (exocytosis)만을 볼 수 있었다.

4. Blue Green (BG) Cell

이 세포 또한 장타원형의 세포로서 뇌신경절의 신경내막 (endoneurium) 주변부에서 비교적 드물게 관찰되었다. 이들은 CD세포에 비해 작고 길며 m-b 이중염색에서는 강한 methylenophilia를 나타내었다.

핵은 세포의 형태에 따라 길고 불규칙했으며 다양한 형태의 많은 염색질들이 밝은 핵질속에 흩어져 있었다.

과립의 크기는 0.1 μm 정도로 매우 작고, 집단을 이루면서 세포질 속에 분포하였는데, 이들은 과립성 소포체에 의해 둘러싸여 있었고 그 사이에서 다양한 형태의 공포들이 관찰되었다.

5. Yellow (Y) Cell

이들은 BGC 세포처럼 뇌신경절의 신경주위막 주변부와 중배부위 (medio-dorsal parts) 사이 그리고 미배부위 (caudo-dorsal parts) 사이 등에서 주로 관찰되었다. 이들은 hematoxylin-eosin 이중염색(이하 H-E 이중염색)에서 eosinophilia를 나타낸 제일 작은 신경분비세포 (neurosecretory cell)로서 그 크기는 9×0.6 μm 정도 였다. 핵은 타원형이거나 불규칙하였으며 이질염색질들이 주로 핵막주위에 모여 있었고, 0.5 μm 정도 크기의 둥근 인을 포함하는 경우가 많았다.

이들의 세포질 속에는 0.1~0.03 μm 정도 크기의 매우 작은 과립들이 집단을 이루고 있거나 흩어져 있었으며, 0.4 μm 정도 크기의 원형 또는 타원형의 미토

콘드리아가 과립성소포체 주위에서 많이 관찰되었다.

6. 신경망 (neuropils)

아프리카 왕달팽이 뇌신경절의 중앙부위는 대부분 신경섬유들로 이루어진 신경망(neuropils) 등이 존재하였는데, 그 중 $2 \times 1.6 \mu\text{m}$ 정도 크기의 축색종말(axon ending)내에는 다양한 크기의 전자밀도가 높은 둥근 과립들($0.07 \sim 0.03 \mu\text{m}$)과 직경 $0.03 \mu\text{m}$ 정도인 투명소포(lucent vesicles)들이 관찰되었다. 그러나 이들 신경종말과 신경섬유 사이에서는 좀처럼 신경연접(typical synapses)현상이 관찰되지 않고, 특히하게도 신경분비세포에서 형성된 과립들이 축색을 통해 축색종말로 운반된 후 내함(invagination)된 한계막(limiting membrane)을 통하여 외포(exocytosis)되는 현상을 나타내었다.

고 찰

북극강 병안목 물달팽이 (*Lymnaea stagnalis*) 뇌신경절의 여러 부위 (medio-dorsal parts, caudo-dorsal parts, latero-dorsal parts 그리고 lateral-dorsal parts)에서 관찰된 신경분비세포(neurosecretory neuron)로는 LG세포, DG세포, CD세포, BG세포 그리고 canopy세포 등이 관찰되었는데 (Wendelaar-Bonga, 1970), 그중 LG세포는 중배부위 (medio-dorsal parts)와 측배부위 (latero-dorsal parts)에서 많이 관찰되고 그들의 축색돌기는 중앙구순 (median lip)의 neurohaemal area에 까지 분포하고 있었다 (Boer et al., 1968).

이들의 신경세포체 (cell body)내에는 골지체와 골지체로부터 형성된 전자밀도가 높은 과립들 (직경 $0.2 \mu\text{m}$ 정도), 그리고 전자밀도가 투명한 소포 (lucent vesicles)들이 관찰되었는데, 경우에 따라서는 백색공간에 둥근 검은 물질을 둘러싸고 있는 과립들도 관찰되었다 (Heumen & Roubos, 1990).

*Achatina fulica*를 재료로 한 본 실험에서는 이들이 주로 중배부위 (medio-dorsal parts)에서 관찰되고, 세포체 (cell body)에서 형성된 과립들 중 큰 것은 $0.4 \mu\text{m}$ 로부터 작은 것은 $0.1 \mu\text{m}$ 정도로 다양하게 관찰되어, 전자와는 다른 양상을 보인 바 있다. 또한 Wendelaar-Bonga (1970)는 DG세포의 세포체내에서 광범

위하게 발달된 조면소포체와 다소포체 (multivesicles body), 다수의 cytosome 그리고 골지체로부터 형성된 것으로 보이는 $0.2 \mu\text{m}$ 정도 크기의 전자밀도가 높은 구형의 과립들을 관찰한 바 있어, 본 실험의 결과와 거의 일치하였다. 그러나 본 실험의 경우에는 DG세포가 $50 \mu\text{m}$ 정도와 $20 \mu\text{m}$ 정도 크기의 세포 등 두 종류가 관찰되고 세포질에는 세포소기관의 발달이 비교적 미약하여 다른 양상을 보였다.

CD세포는 *Lymnaea stagnalis*인 경우 중배부위 (medio-dorsal parts) 하단 양측에 존재하고 있으며 (Boer et al., 1968; Wendelaar-Bonga, 1970) 이들의 세포체내에는 미토콘드리아와 조면소포체 그리고 골지체 등이 발달되어 있었다. 이어 골지층판 (Golgi lamella)에는 전자밀도가 높은 물질이 형성되고, 드디어 $0.16 \mu\text{m}$ 정도 크기의 둥근 과립들을 형성한 후 축색종말 (axon ending)로 운반되었는데, 이들은 투명소포 (clear vesicles)와 더불어 불연접형태 (nonsynaptic type)인 외포현상 (exocytosis)에 의해 다음 신경섬유로 전달되었다 (Schmidt & Roubos, 1987, 1989; Heumen & Roubos, 1991).

이와 같은 현상은 *Achatina fulica*를 재료로 한 본 실험의 결과와 일치한다. 그러나 골지체로부터 형성된 분비성 과립들이 본 실험에서는 직경 $0.12 \mu\text{m}$ 정도와 $0.08 \mu\text{m}$ 정도 크기의 과립 등 두 종류가 관찰됨에 따라, *Lymnaea stagnalis*의 과립 (직경, $0.16 \mu\text{m}$)보다는 약간 작은 형태를 하고 있었는데, 이는 종의 차이에서 오는 현상일 것으로 사료된다.

Coggeshall (1967)과 Scheller와 McAllister (1983)은 해양 연체동물 *Aplysia californica*의 복부신경절 (abdominal ganglion)에서 250~400개 정도의 bag cell들을 관찰하였는데, 이들은 CD세포에서 형성 분비된 peptides의 아미노산 배열과 그 구조가 매우 비슷하여 (Scheller & McAllister, 1983; Geraerts et al., 1988; Nagle et al., 1989), 같은 36개의 아미노산 잔기 서열을 나타내었다 (Ebberink et al., 1983; Roubos & Ven, 1987; Minnen et al., 1988).

유패류 (pulmonate), 물달팽이 (*Lymnaea stagnalis*)의 CD세포들은 생식세포에 영향을 주어 알을 낳는 행위 (egg laying behavior)에 관여할 뿐 아니라 (Geraerts & Bohlken, 1976; Roubos, 1984; Maat & Jansen, 1984;

Geraerts et al., 1988; Roubos et al., 1988) 배란호르몬(ovulation hormone)의 분비에도 관여 한다고 하였다(Heumen & Roubos, 1991).

CD세포의 과립들은 대형(직경, 0.25 μm), 중형(직경, 0.14 μm) 그리고 소형(직경, 0.085 μm) 등 3종류로 구별되고, 면역항체를 이용한 실험에서는 이들이 anti-CDCH-II에 면역활성을 보인 바 있다고 하였으나 본 실험에서는 그와 같은 현상은 확인할 수 없었고 다만 somatostatin 항체를 이용한 면역항체 반응에서 DG세포가 양성으로 반응함으로써(Chang & Han, 1999 in press) 이들이 개체의 성장과 성숙에 관여하는 호르몬을 분비하는데 관여하고 있을 것으로 생각되었다.

Lymnaea stagnalis (Wendelaar-Bonga, 1970)에서 관찰된 Y세포는 본 실험의 *Achatina fulica*에서 관찰된 Y세포와 거의 비슷하였으나 세포의 크기와 형태는 달랐다.

Y세포는 *Lymnaea stagnalis*의 뇌신경절에서는 드물게 관찰되고, 내장신경절(visceral ganglion)이나 체벽신경절(parietal ganglion)에서 주로 많이 관찰된 세포로서, 활면소포체와 골지체 그리고 전자밀도가 높은 작은 둥근 과립(직경 0.14 μm 정도) 등을 분비한다고 하였다(Wendelaar-Bonga, 1970, 1972).

그러나 *Achatina fulica*를 재료로 한 본 실험에서는 이 세포가 신경분비세포 중 가장 작았으며(9 \times 6.6 μm), 뇌신경절에서도 빈번하게 관찰되어, 분포양상에 있어 차이가 확인되었다. 또한 과립의 크기도 0.08 μm 정도로 전자에 비해 현저히 작았으나 세포소기관은 비교적 발달해 있었다.

사 사

본 연구를 위하여 식용왕달팽이를 지원해 주신 화성농산의 이천형 집사님께 감사를 드리며, 본 논문을 내기까지 도와준 한종민 조교와 김상원 군, 이영희 양의 노고에도 감사를 전합니다.

참 고 문 헌

Bern HA, Knowles FGW: Neurosecretion. In: Neuroendocri-

nology, Vol. 1, eds. Martini L and Ganong WF, Academic Press, New York-London, pp. 139-186, 1966.

Boer HH, Douma E, Koksma JMA: Electron microscope study of neurosecretory cells and neurohaemal organs in the pond snail *Lymnaea stagnalis*. Symp Zool Soc Lond 22: 273-256, 1968.

Chang NS, Han JM: Immunohistochemical study on the cerebral ganglion of the african giant snail, *Achatina fulica*. Korean J Malacol 15: in press, 1999.

Coggeshall RE: A light and electronmicroscope study of the abdominal ganglion of *Aplysia californica*. J Neurophysiol 30: 1263-1287, 1967.

Cook H: Morphology and history of the central nervous system of *Succinea putris* (L.), Arch Néerl Zool 17: 1-72, 1966.

Durchon M: L'endocrinologie des Vers et des Mollusques. Paris: Masson & Cie, 1967.

Ebberink RHM, van Loenhout H, Geraerts WPM, Hogenes TM, Hoogland H: Purification and charaaacterization of the ovulation hormone and the dorsal body hormone of *Lymnaea stagnalis*. In Lever J and Boer HH (eds.): Molluscan Neuro-Endocrinology. Amsterdam: North-Holland, pp. 56-58, 1983.

Gabe M: Neurosecretion. Intern. Ser. Monogr. Biol. 28. Oxford-London-New York: Pergamon Press, 1966.

Geraerts WPM, Bohlken S: The control of ovulation in the hermaphrodite freshwater snail *Lymnaea stagnalis* by the neurohormone of the caudo-dorsal cells. Gen Comp Endocrinol 28: 350-357, 1976.

Geraerts WPM, ter Maat A, Vreugdenhil E: The peptidergic neuroendocrine control of egg-laying behavior in *Aplysia* and *Lymnaea*. In Laufer H and Downer RGH (eds.): Invertebrate Endocrinology, Vol. 2, Endocrinology of Selected Invertebrate Types. New York: Allan R. Liss, pp. 141-231, 1988.

Heumen WRA van, Roubos EW: Ultrastructural evidence for synthethesis, storage and release of insulin-related peptides in the central nervous system of *Lymnaea stagnalis*. Neuroscience 39: 493-500, 1990.

Heumen WRA van, Roubos EW: Immuno-electron microscopy of sorting and release of neuropeptides in *Lymnaea stagnalis*. Cell Tissue Res 264: 185-195, 1991.

Joose J: Dorsal bodies and dorsal neurosecretory cells of the cerebral ganglia of *Lymnaea stagnalis* L. Arch N erl Zool

- 16: 1-103, 1964.
- Maat A ter, Jansen RF: The egg-laying behaviour of the pond snail: electrophysiological aspects. In J.A. Hoffmann and M. Porchet (eds.): Biosynthesis, Metabolism and Mode of Action of Invertebrate Hormones. Heidelberg: Springer Verlag, pp. 57-62, 1984.
- Minnen J van, van der Haar C, Raap AK, Vreugdenhil E: Localization of ovulation hormone-like neuropeptide in the central nervous system of the snail *Lymnaea stagnalis* by means of immunocytochemistry and in situ hybridization. *Cell Tissue Res* 251: 477-484, 1988.
- Nagle GT, Knock SL, Painter SD, Blankenship JE, Fritz RR, Kurosky A: I. *Aplysia californica* neurons R3-E14: primary structure of the myoactive histidine-rich basic peptide and peptide I. *Peptides* 10: 849-857, 1989.
- Nolte A: Neurohämäl-"Organe" bei Pulmonaten (Gastropoda). *Zool Jb Abt Anat Ontog* 82: 365-380, 1965.
- Peute J, Karmer JC van de: On the histochemical differences of aldehyd-fuchsin positive material in the fibers of the hypothalamo-hypophyseal tract of *Rana temporaria*. *Z Zellforsch* 83: 441-448, 1967.
- Röhnisch S: Untersuchungen zur Neurosekretion bei *Planorbarius corneus* L. (Basommatophora). *Z Zellforsch* 63: 767-798, 1964.
- Rosenbluth J: The visceral ganglion of *Aplysia californica*, *Z Zellforsch* 60: 213-236, 1963.
- Roubos EW: Cytobiology of the ovulation-neurohormone producing caudo-dorsal cells of the snail *Lymnaea stagnalis*. *Int Rev Cytol* 89: 295-346, 1984.
- Roubos EW, van de Ven AMH: Morphology of neurosecretory cells in Basommatophoran snails homologous with egg-laying and growth-hormone-producing cells of *Lymnaea stagnalis*. *Gen Comp Endocrinol* 67: 7-23, 1987.
- Roubos EW, van Winkoop A, van der Haar C, van Minnen J: Postembryonic development of endocrine dorsal bodies and neuroendocrine egg laying and growth hormone-producing neurons of *Lymnaea stagnalis*. *Int J Invertebr Reprod Dev* 13: 141-168, 1988.
- Scheller RH, McAllister LB: Molecular cloning of a multi-gene family encoding neuropeptides which govern egg-laying in *Aplysia*. In Lever J and Boer HH (eds.): *Molluscan Neuroendocrinology*, Amsterdam: North Holland. pp. 38-43, 1983.
- Schmidt ED, Roubos EW: Morphological basis for non-synaptic communication within the central nervous system by exocytotic release of secretory material from the egg-laying-stimulating neuroendocrine caudodorsal cells of *Lymnaea stagnalis*. *Neuroscience* 20: 247-257, 1987.
- Schmidt ED, Roubos EW: Quantitative immunoelectron microscopy and tannic acid study of dynamics of neurohaemal and nonsynaptic peptide release by the caudo dorsal cells of *Lymnaea stagnalis*. *Branin Res* 489: 325-337, 1989.
- Schooneveld H: Structural aspects of neurosecretory and corpus allatum activity in the adult colorado beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say, as a function of daylength. *Neth J Zool* 20: 151-237, 1970.
- Simpson L: Examination of the evidence for neurosecretion in the nervous system of *Helisoma tenue* (Gastropoda Pulmonata). *Gen comp Endocr* 7: 525-548, 1966.
- Wendelaar-Bonga SE: Ultrastructure and histochemistry of neurosecretory cells and neurohaemal areas in the pond snail *Lymnaea stagnalis* (L.). *Z Zellforsch* 108: 190-224, 1970.
- Wendelaar-Bonga SE: Neuroendocrine involvement in osmoregulation in a freshwater mollusc, *Lymnaea stagnalis*. *Gen Comp Endocrinol (Suppl.)* 3: 308-316, 1972.

< 국문 초록 >

아프리카 왕달팽이 (*Achatina fulica*) 뇌신경절내 5종류의 신경분비세포, light green (LG) cell, dark green (DG) cell, caudo-dorsal (CD) cell, blue green (BG) cell, yellow (Y) cell과 신경망(neuropils) 등을 전자현미경을 통해 관찰한 결과는 다음과 같다.

LG세포는 60 μm 정도 크기의 원형 또는 난원형의 세포로서 핵과 세포질은 전자밀도가 낮아서 밝게 보였다. 핵질내에는 굵은 과립상의 염색질들이 고르게 발달해 있었고, 둥근 인도 관찰되었다. 세포질에는 평균 0.4 μm 정도 크기의 전자밀도가 높은 둥근 과립들이 밀집되어 있었다.

DG세포는 비교적 드물게 관찰되는 50 μm ~20 μm 정도 크기의 난원형의 세포로서 전자밀도가 비교적 높게 나타났다. 세포질 속에는 과립성소포체, 미토콘드리아 등 세포소기관과 평균 0.2 μm 정도 크기의 전자밀도가 높은 둥근 과립들을 소지하고 있었다.

CD세포들은 뇌신경절의 양측 미배부위(caudo-dorsal

parts)에 밀집되어 있는 타원형의 세포로서 세포질에 비해 큰 핵을 소지하고 있었다. 핵질속에는 과립상의 이질 염색질들이 발달해 있었으며 세포질 속에는 평균 0.12 μm 정도 크기의 비교적 작은 많은 둥근 과립들을 소지하고 있었다.

BG세포는 뇌신경절의 신경내막 주변부에서 드물게 관찰되는 장타원형의 세포로서 전자밀도가 높아서 검게 보였다. 세포질에는 평균 0.1 μm 정도 크기의 작은 둥근 과립들이 보였다.

Y세포는 신경분비세포 중 가장 작은 세포(크기 $9 \times$

6.6 μm)로서 뇌신경절의 중배부위(medio-dorsal parts)와 미배부위(caudo-dorsal parts) 사이에서 주로 관찰되었다. 이들의 세포질에는 평균 0.08 μm 정도 크기의 매우 작은 둥근 과립들이 집단을 이루고 있었다.

신경망은 뇌신경절의 중앙부위에 위치해 있으며 축색 종말내에는 전자밀도가 높은 둥근 과립(직경 0.07~0.03 μm)과 투명소포(직경 0.03 μm)들이 다수 존재하였는데 이들은 축색종말의 한계막이 함입되어(invagination) 형성된 exocytosome 상태로 배출되는 특징을 보였다.

FIGURE LEGENDS

- Fig. 1.** Light micrograph showing the LG cell (open arrow) and DG cell (arrow) (type-A) in the medio-dorsal part. methylene blue-basic fuchsin double staining. N, nucleus Scale bar = 20 μm .
- Fig. 2.** Light micrograph showing the DG cell (type-B) (arrow) in the medio-dorsal part. methylene blue-basic fuchsin double staining. Scale bar = 20 μm .
- Fig. 3.** Light micrograph showing the Y cell (arrow) between the medio-dorsal parts. methylene blue-basic fuchsin double staining. Scale bar = 20 μm .
- Fig. 4.** Light micrograph showing the CD cell (arrow) in the caudo-dorsal part. Hematoxylin-eosin double staining. Scale bar = 20 μm .
- Fig. 5.** Electron micrograph showing the LG cell in the medio-dorsal part. arrow, a group of electron dense granules; N, nucleus. Scale bar = 10 μm .
- Fig. 6.** Magnification of Fig. 5. N, nucleus; Nu, nucleolus. Scale bar = 3 μm .
- Figs. 7, 8.** Electron micrographs showing the DG cells (type-A and type-B) in the medio-dorsal part. arrow, vacuole; arrowhead, a group of electron dense granules; Ch, chromatin; N, nucleus. Scale bars = 3 μm , 4 μm .
- Fig. 9.** Electron micrograph showing the CD cell in the caudo-dorsal part. arrow, a group of electron dense granules; Ch, chromatin; N, nucleus. Scale bar = 3 μm .
- Fig. 10.** Magnification of the CD cell in the caudo-dorsal part. arrow, multivesicular body; open arrow, cytosome; RER, rough endoplasmic reticulum. Scale bar = 1.5 μm .
- Fig. 11.** Electron micrograph showing the BG cell in the perineurium of the cerebral ganglion. arrow, a group of electron dense granules; open arrow, vacuoles; ER, endoplasmic reticulum; N, nucleus. Scale bar = 3 μm .
- Fig. 12.** Cross-section through a group of the Y cells between the caudo-dorsal parts. Scale bar = 7 μm .
- Fig. 13.** Magnification of Fig. 12. arrow, electron medium dense granules; arrowhead, vacuoles; M, mitochondria; N, nucleus; RER, rough endoplasmic reticulum. Scale bar = 3 μm .
- Fig. 14.** Electron micrograph showing the nonsynaptic junction between the DG cells. arrow, rough endoplasmic reticulum; arrowhead, electron dense secretory granule; open arrow, cytoplasmic process; N, nucleus. Scale bar = 3 μm .
- Fig. 15.** Cross section through the axons (Ax) in the neuropils. arrow, transport of the electron dense granules by axons. Scale bar = 3 μm .
- Fig. 16.** Electron micrograph showing the axon terminal (Ax) in the neuropils. arrow, electron lucent secretory granules; open arrow, electron dense secretory granules; arrowhead, exocytosed granule; M, mitochondria. Scale bar = 1.0 μm .







