

한국산 플라나리아 (*Dugesia japonica*) 뇌신경절의 미세구조

장 남 섭*
목원대학교 이공대학 생물학과

Fine Structure of Cerebral Ganglion in the Korean Planaria, *Dugesia japonica*

Nam-Sub Chang*
Department of Biology, Mokwon University, Taejon 302-318, Korea
(Received January 6, 1999)

ABSTRACT

The nervous tissue in the cerebral ganglion of Korean planaria was observed using electron microscope. The obtained results are as follows: A cerebral ganglion is composed of the nerve cells, neurosecretory cells, neuroglial cells and neuropils.

The nerve cells are round or ovoidal-shaped cells (diameter, 5 μm), which has a large ellipsoidal nucleus containing the evenly developed heterochromatin. Their cytoplasm were found to be relatively simple, because of their undeveloped cell organelles.

The neurosecretory cells are long and ellipsoid or spindle-shaped cells, where there were found a large ellipsoidal nucleus and cytoplasm filled with secretory granules (diameter, 60 nm).

The neuroglial cells were seldom observed. They are spindle-shaped cells (size, 6 \times 0.8 μm), which were observed mainly among the nerve fibers.

The neuropils are formed by the nerve fibers and nerve endings which are filled with mitochondria, neurotubules and secretory granules of four kinds (high electron dense granules of sizes 75 nm, 50 nm and 37 nm, and electron lucent granule of size 30 nm etc.). These granular vesicles are divided into single vesicle type and compound vesicle type in the nerve terminals, and neuronal synapses were observed to be the axo-dendritic and dendro-dendritic synapse type.

Key words : Neuron, Neurosecretory cell, Neuropils, Ultrastructure

* Correspondence should be addressed to Dr. Nam-Sub Chang, Department of Biology, Mokwon University, San 40-1, Doan-Dong, Seo-Gu, Taejon, 302-318 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

편형동물 플라나리아의 뇌는 그 경계가 불분명하고 복신경삭(ventral nerve cord)의 전단부에 신경세포가 밀집되어 집단을 이루고 있다는 연구(Hyman, 1951; Bullock & Horridge, 1965)를 위시해서, 신경분비세포(neurosecretory cell)가 조직의 재생시 세포의 모양이 둥글게 변모되고 그 수도 증가하며, 특히 세포질속 Golgi체가 발달(Moraczewski et al., 1977; Reuter & Lindroos, 1979) 하면서 전자밀도가 높은 신경분비소포(dense neurosecretory vesicle)가 활발히 만들어진다고 하였다(Lender & Klein, 1961).

Dugesia tigrina 신경연접의 미세구조는 1964년 MacRae가 광수용세포에서 관찰하였고, 이어 인두근의 신경종말에서 관찰된 전자밀도가 높은 과립을 catecholamine이라 칭하였다.

그밖에도 신경섬유와 신경종말내 존재하는 여러 과립의 종류(Reuter & Palmberg, 1983; Reuter & Lindroos, 1979; Trawicki et al., 1988)와 acetylcholine (Stone & Koopowitz, 1976; Erzen & Brzin, 1979) 그리고 dopamine (Reuter et al., 1980; Hauser & Koopowitz, 1987)에 대한 연구보고도 있었다.

플라나리아에서는 종에 따라 신경망(neuropils)내 신경섬유와 신경종말의 미세구조 및 그들 과립의 종류가 다양한데 비해 그동안 *Dugesia japonica*의 뇌신경절을 대상으로 한 신경조직의 연구는 체계화되지 못하였다.

이에 본 연구에서는 한국산 *Dugesia japonica*를 재료로 하여 신경종말과 과립의 종류는 물론 뇌신경절 전반에 관한 미세구조를 관찰하고자 본 실험을 시도케 되었다.

재료 및 방법

1998년 2월경 충남 공주시 반포면 동학사 계곡에서 플라나리아(*Dugesia japonica*)를 포획한 후 실험실로 옮긴 다음 실험재료로 사용하였다.

플라나리아를 30% ethyl alcohol로 마취시킨 다음, 뇌신경절을 실험에 사용할 수 있도록 적당한 크기로 적출하여 부위별로 잘라낸 후, 2.5% paraformaldehyde-3% glutaraldehyde로 1시간 30분 전고정을 하고, 이어서 OsO₄로 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 파라핀 오븐에서 40시간 경화시켰다.

Epon블럭은 LKB-V ultramicrotome을 사용하여 1μm 두께의 박절편을 만들고 이를 methylene blue로 단일염색한 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

한국산 플라나리아 *Dugesia japonica*의 뇌신경절은 양쪽 눈의 하단 머리부위의 복측부에 둥근 또는 난원형의 신경절로 이루어져 있다.

신경절의 중앙 부위는 주로 신경섬유(nerve fiber)들로 이루어진 넓은 신경망(neuropils)이 있고, 그들 주위는 신경세포(nerve cell)와 신경분비세포(neurosecretory cell)들이 둥글게 감싸고 있는 특이한 모습을 보였다.

1. 신경세포(nerve cell)

신경세포는 그 직경이 5μm정도인 원형 또는 5×3.7μm 정도 크기인 난원형 세포로서 이들이 소지한 핵은 세포질에 비해 매우 컸다(크기, 3.5μm 또는 4×2.5μm).

핵질은 전자밀도가 낮아서 매우 밝게 보였고 둥근인(직경, 0.5μm)과 이질염색질들이 고르게 분포해 있었다.

핵 주위를 둘러싸고 있는 약간의 세포질은 전자밀도가 중등도로 보였으며, 둥글거나 타원형인 사립체만이 관찰될 뿐 세포질은 비교적 단순하게 보였다.

신경세포의 분포는 신경망 주위에 주로 2~4개씩

무리지어 있거나 연속적으로 줄지어 나타나는 현상을 보였다(Fig. 1).

2. 신경분비세포 (neurosecretory cell)

신경분비세포는 긴 타원형이거나 방추형세포로서 신경세포에 비해 비교적 크고 타원형의 큰 핵을 소지하고 있었다.

핵질은 전자밀도가 낮아 밝게 보였고, 큰 과립상의 이질염색질들이 고르게 분포되어 있는 반면, 작은 과립상의 이질염색질들은 핵의 내막에 가까이 모여있었다. 또한 핵막은 밝은 핵막강을 소지한 이중막으로 보였다.

핵을 둘러싼 세포질은 긴 방추형으로서 비교적 발달된 과립성소포체와 막대형사립체가 관찰되고 소포체로부터 형성된 것으로 보이는 전자밀도가 높은 60 nm정도 크기의 분비과립들로 가득차 보였다. 또한 이들은 세포막 주위에 많은 신경섬유들과 접촉되어 있는 모습을 보였다(Fig. 2).

3. 신경아교세포 (neuroglial cell)

*Dugesia japonica*의 신경아교세포는 신경섬유사이에서 관찰되었는데, 이들은 작은 방추형의 세포로서 척추동물에서 관찰되는 희소돌기아교세포(oligodendrocyte)와 그 형태가 비슷하였다.

이들 방추형세포는 그 크기가 $6 \times 0.8 \mu\text{m}$ 정도로서 매우 작고 밝은 핵질에 긴 타원형의 핵을 소지하고 있었다. 이들의 핵질속에는 과립상의 작은 이질염색질들이 핵막 주위에 3~4개씩 모여 있었고 세포질은 매우 단순하게 보였다(Fig. 8).

4. 신경망 (neuropils)

플라나리아 *Dugesia japonica*의 뇌신경절에서, 신경망은 신경세포 사이의 중앙에 주로 위치해 있었다.

신경망을 구성하는 신경절섬유는 무수신경섬유로서 축삭돌기나 수상돌기들의 종단 또는 횡단면내 여러 종류의 과립소포체를 내포하고 있었는데, 이들 과립들은 크기와 형태 그리고 전자밀도 등에 의해 4 종류(제 I, II, III 그리고 IV 형)로 각각 확인되었고, 이들의 신경섬유속 분포양상도 단일소포형과 혼합소포형으로 분포되어 있어 신경섬유의 특징이 다양하

게 나타났다(Figs. 3, 4, 5).

제 I 형은 전자밀도가 높은 구형의 과립소포(type-I dense vesicle)로서, 직경이 75 nm 정도였고 한계막으로 둘러싸여 있었다. 이들은 경우에 따라서는 한계막속에 검은 반점(dense core vesicle)을 형성하기도 하였다. 제 II 형과 III 형(type-II and type-III dense vesicle)은 역시 구형의 전자밀도가 높은 과립소포로서 직경이 각각 50 nm와 37 nm 정도였고 제 I 형과 II 형에서만 한계막이 관찰될 뿐 III 형에서는 거의 확인되지 않았다(Fig. 4).

그러나 제 IV 형은 전자밀도가 낮아서 매우 밝게 보였고(type-IV lucent vesicle), 그 크기도 30 nm 정도로 관찰되어 제 II 형과 크기가 거의 비슷하였다(Fig. 3). 또한 과립소포의 분포양상에 있어서도 제 II 형과 III 형은 대부분 단일소포형으로 존재하는 경우가 많았으나 제 I 형과 IV 형은 단일소포형태 이외, 혼합소포형태로 존재하는 경우도 종종 관찰되었다(Fig. 5).

또한 신경섬유내 세포소기관들은 사립체와 많은 신경소관(직경 15~20 nm), 글리코겐 그리고 다소포체 등으로 한정되어 나타났는데, 그 중 사립체는 대부분 내습들이 팽창되어 있는 구형만이 관찰될 뿐 막대형은 거의 관찰되지 않았다(Figs. 4, 5).

신경망내에서 관찰된 신경연접은 축삭-축삭돌기연접(axo-axonic synapse)(Fig. 3)과 축삭-수상돌기연접(axo-dendritic synapse)(Fig. 6) 등이 관찰될 뿐, 축삭-세포체연접(axo-somatic synapse)은 거의 관찰되지 않았고, 특이하게도 일부 신경종말은 과립분비세포와 밀접되어 있는 경우도 확인되었다(Fig. 7).

고 찰

플라나리아의 뇌는 두 개의 뇌신경절(cerebral ganglion)이 신경연합(commessure)에 의해 중앙에서 연결되어 있으며, 눈의 뒤 머리쪽 복측부에 위치해 있다.

뇌신경절의 구조는 신경절 내부에 신경망이 발달해 있고, 그 주위로 신경세포(nerve cell)들이 2~3 또는 5~6개씩 무리지어 둘러싸고 있다고 하였는데

(Lentz, 1967; Morita & Best, 1966; Haszprunar, 1986), 본 실험에서도 거의 비슷한 결과였다.

뇌신경절을 구성하고 있는 신경세포가 *Dugesia dorotophala*인 경우 등글거나 타원형이고, 이들은 비교적 큰핵에 적은양의 세포질로 둘러싸여 있고, 약간의 공간을 두고, 둘 또는 셋씩 무리지어 관찰된 바 있다고 하였다(Morita & Best, 1966). 그러나 Lentz (1967)는 흰색 플라나리아(*Procotyla fluviatilis*)인 경우, 신경절세포가 많은 주름으로 인해 세포의 모양이 불규칙하고 서로 밀집되어 있으며, 난원형이거나 불규칙한 핵을 소지하고 있다고 하여 서로 상반된 견해를 보고한 바 있는데, *Dugesia japonica*를 재료로 한 본 실험에서는 전자와 거의 비슷한 결과였다.

Morita와 Best (1966), 그리고 많은 연구자(Moraczewski et al., 1977; Reuter & Lindroos, 1979)들은 신경세포의 세포체(soma body) 속에서 사립체와 자유리보솜, 다소포체, 조면소포체 그리고 골지체 등의 세포소기관만을 관찰한 반면, Lentz (1967)는 *Procotyla fluviatilis*에서 이들 세포소기관 이외 15 nm정도 크기의 전자밀도가 높은 과립들을 관찰한 바 있어 조금 다른 실험결과를 보였다. 본 실험에서도 신경세포의 세포체속에서 몇 개의 사립체와 소포체만이 관찰되고 비교적 단순한 형태를 보인 바 있어 이들은 종에 따라 다양한 구조를 하고 있었다.

뇌신경절에서 관찰된 신경분비세포는 신경세포에 비해 그 수가 적고 뇌의 가장자리에 위치해 있으며 무리를 이루지 않고, 단독으로 존재하는 경우가 많다고 하였는데, Lentz (1967)는 이 세포를 과립함유 세포(granule containing cell)라고 칭한 바 있다.

이 세포의 형태는 난원형 또는 방추형으로 대부분 규칙적인 형태를 가지며, 1~2개의 세포질 돌기와 난원형의 핵과 인을 소지한다고 하였다. 이들의 세포질 속에는 사립체와 자유리보솜, 과립성소포체, 약간의 용해소체 그리고 신경소관들이 보이고, 75 nm 크기의 투명 또는 중등도인 과립소포와 100 nm 크기의 비교적 전자밀도가 높은 과립소포 등 3종류가 관찰된다고 하였다. 또한 Morita & Best (1966)도 *Dugesia dorotocephala*의 신경분비세포에서 40~

60 nm크기의 과립들이 주로 관찰되고, 0.5 μm 정도 크기의 큰 과립들도 관찰된 바 있다고 하였다.

그러나 *Dugesia japonica*를 재료로 한 본 실험에서는 이들의 세포질 속에서 세포소기관들 이외 600 Å 정도 크기의 전자 밀도가 중등도인 과립들만이 총만되어 있어 과립의 분포에 있어서는 종에 따라 서로 다른 결과를 나타내었다.

과립의 성분에 있어서도 투명과립은 놀에피네프린(norepinephrine)이고, 전자밀도가 중등도인 과립은 에피네프린(epinephrine)란 보고(Coupland & Hopwood, 1966)가 있었고, 이들은 척추동물의 adrenergic ending 속 과립과도 비슷하다는 연구(Grillo & Palay, 1962; Pellegrino et al., 1963) 결과도 있었지만 본 연구에서는 성분확인을 하지 못하였다.

뇌신경절의 중앙에 위치한 신경망의 구조는 축삭돌기와 수상돌기들의 크고 작은 섬유와 신경종말 등이 서로 횡과 종으로 달리는 망상구조이다. 이들은 무수신경섬유로서, 포함하는 내용물들도 조금씩 달랐다.

신경섬유(nerve fiber)들은 이들이 포함한 소포와 과립의 크기 및 전자밀도 등에 의해 섬유의 종류를 구분할 수 있다고 하였다(Morita & Best, 1965; Reuter & Lindroos, 1979; Reuter et al., 1980; Ferrero et al., 1985)

Oosaki & Ishii (1965) 그리고 Lentz (1967)는 플라나리아를 대상으로 위의 기준에 의해 신경섬유를 3종류(type-I, type-II, type-III)로 분류하였으나, Morita & Best (1966)는 신경섬유내 과립을 전자밀도가 높은 과립(직경, 40~60 nm)과 투명과립(직경, 25~35 nm) 등 2 종류로 구분한 바 있다.

그러나 본 실험에서는 직경 75 nm, 50 nm 그리고 37 nm 정도의 전자밀도가 높은 과립들과 30 nm 정도의 투명과립 등 모두 4종류(type-I, type-II, type-III 그리고 type-IV)가 관찰되어 역시 종에 따른 과립들의 차이점이 다양하게 나타났다.

신경망내의 신경연접현상은 축삭돌기와 수상돌기가 서로 얽히면서 망상구조를 이루는 여러 형태로 나타났는데, 플라나리아인 경우 축삭-수상돌기 연접과 축삭-축삭돌기연접 그리고 수상-수상돌기연접 현상들은 고르게 나타났지만 축삭-세포체연접현상은

거의 관찰된 바 없다는 연구결과(Morita & Best, 1966)도 있었다.

본 실험에서도 축삭-수상돌기연접과 축삭-축삭돌기연접 등은 여러 곳에서 관찰할 수 있었지만 그 이외의 신경연접현상은 관찰할 수 없었다.

신경세포를 보호하고 영양공급에 관여하는 것으로 알려진 신경아교세포는 편형동물 플라나리아인 경우 매우 희소하여, 플라나리아의 신경조직 속에서 일찌기 이들 세포를 관찰한 바 없다는 연구결과(Lentz, 1967)가 있는가 하면, 이들 세포는 특이한 형태에서 신경섬유와 구별하기 매우 어렵다는 연구결과(Ferrero et al., 1985; Morita & Best, 1966)도 있었다.

최근의 연구에서는(Chien & Koopowitz, 1972; Trawicki et al., 1988; Golubev, 1988) 신경아교세포가 근세포의 세포질돌기나 신경세포의 세포체돌기와 그 구조가 비슷하다는 연구가 있어 매우 모호한 실정이다. 그러나 본 실험에서는 신경섬유 사이에서 방추형 형태의 신경아교세포를 관찰하였는데, 이들은 척추동물에서의 희소돌기아교세포와 그 모습이 유사하여, 플라나리아인 경우 신경아교세포는 종에 따라 매우 다양하게 나타나고 있음을 확인할 수 있었다.

사 사

본 논문을 내기까지 도와준 한종민 조교와 김상원 군의 노고에 감사한다.

참 고 문 헌

- Bullock TH, Horridge GA: Structure and Function in the Nervous Systems of Invertebrates. Vol. I. Freeman WH and Co., San Francisc, 1965.
- Chien P, Koopowitz H: The ultrastructure of neuromuscular systems in *Notoplana acticola*, a free-living polyclad flatworm, *Z Zellforsch Microsk Anat* 133:277-288, 1972.
- Coupland RE, Hopwood D: The mechanism of the differential staining reaction for adrenalin- and noradrenalin-storing granules in tissues fixed in glutaraldehyde. *J Anat* 100:227-243, 1966.
- Erzen I, Brzin M: Cholinergic mechanisms in *Planaria torva*. *Comp Biochem Physiol* 64C:207-216, 1979.
- Ferrero EA, Lanfranchi A, Bedini C: An ultrastructural account of otoplanid *Turbellaria* neuroanatomy I. The cerebral ganglion and peripheral nerve net. *Acta Zool* 66:63-74, 1985.
- Golubev AI: Glia and neuroglia relationships in the central nervous system of the *Turbellaria* (electron microscopic data). *Fortschr Zool* 36: 185-190, 1988.
- Grillo MA, Palay SL: Granule containing vesicles in the autonomic nervous system. Fifth Intern Cong Elect Micr. Academic Press, New York, Vol. 2, U-1, 1962.
- Haszprunar G: Die klado-evolutionäre Klassifikation-Versuch einer Synthese. *Z Zool Syst Evolutionsforsch* 216:89-109, 1986.
- Hauser M, Koopowitz H: Age-dependent changes in fluorescent neurons in the brain of *Notoplana acticola*, A polyclad flatworm. *J Exp Zool* 241: 217-225, 1987.
- Hyman LH: The Invertebrates. II, Platyhelminths and Rhynchocoela, The Acoelomate Bilateria. McGraw-Hill, New York, 1951.
- Lender T, Klein N: Mise en évidence de cellules sécrétrices dans le cerveau de la Planaire *Polycelis nigra*. Variation de leur nombre au cours de la régénération postérieure. *CR Acad Sci (Paris)* 253:331-333, 1961.
- Lentz TL: Fine structure of nerve cells in a planarian. *J Morphol* 12:323-338, 1967.
- MacRae EK: Observations on the fine structure of photoreceptor cells in the planarian *Dugesia tigrina*. *J Ultrastruct Res* 10:334-349, 1964.
- Moraczewski J, Czubaj A, Bakowska J: Organization and Ultrastructure of the nervous system in *Catenulida (Turbellaria)*. *Zoomorphologie* 87: 87-95, 1977.
- Morita M, Best JB: Electron microscopic studies of planaria. II. Fine structure of the neurosecretory system in the planarian, *Dugesia doroto-*

- tocephala*. J Ultrastruct Res 13:396-408, 1965.
- Morita M, Best JB, 1966. Electron microscopic studies of planaria. III. Some observations on the fine structure of planarian nervous tissue. J Exp Zool 161:391-413, 1966.
- Oosaki T, Ishii S: Observation on the ultrastructure of nerve cells in the brain of the planarian *Dugesia gonocephala*. Z Zellforsch 66:782-793, 1965.
- Pellegrino de Iraldi A, Duggan HF, De Robertis E: Adrenergic synaptic vesicles in the anterior hypothalamus of the rat. Anat Rec 145:521-531, 1963.
- Reuter M, Lindroos P: The ultrastructure of the nervous system of *Gyratrix hermaphroditus* (Turbellaria, Rhabdocoela). I. The brain. Acta Zool 60:139-152, 1979.
- Reuter M, Palmberg I: Asexual reproduction in *Microstomum lineare* (Turbellaria) II. The nervous system in the division zone. Int J Invertebr Reprod 6:207-217, 1983.
- Reuter M, Wikgren M, Palmberg I: The nervous system of *Microstomum lineare* (Turbellaria, Macrostostomida). I. A fluorescence and electron microscopic study. Cell Tissue Res 211: 31-40, 1980.
- Stone G, Koopowitz H: Primitive nervous systems: electrophysiology of the pharynx of the polyclad flatworm, *Enchiridium punctatum*. J Exp Biol 65:627-642, 1976.
- Trawicki W, Czubaj A, Moraczkeski J: The brain ultrastructure of *Dendrocoelum lacteum*. Fortschr Zool 36:195-200, 1988.

<국문초록>

한국산 플라나리아 뇌신경질을 실험에 사용할 수 있도록 적당한 크기로 적출하여 부위별로 잘라낸 후 2.5% paraformaldehyde-3% glutaraldehyde로 1시간 30분 전고정을 하고 이어서 OsO₄로 2시간 후고정을 한 다음 전자현미경 관찰방법에 따라 실험한 후 다음과 같은 결론을 얻었다.

뇌신경질을 구성하고 있는 세포는 신경세포와 신경분비세포, 신경아교세포 그리고 신경섬유들로 이루어진 신경망 등이었다.

신경세포는 직경이 5 μm 정도인 원형 또는 타원형의 작은 세포로서, 핵은 타원형체로 세포질에 비해 크고 이질염색질이 고르게 발달해 있었으나, 세포질은 세포 소기관의 발달이 미진하여 비교적 단순하게 보였다.

신경분비세포는 그 모양이 긴 타원형이거나 방추형세포로서 타원형의 큰 핵을 소지하였다. 또한 이들의 세포질속에는 직경 60 nm 정도의 분비성과립들로 가득차 있었다.

신경아교세포는 매우 드물게 나타나는 방추형의 세포로서 (크기, 6×0.8 μm) 이들은 신경섬유 사이에서 주로 관찰되었다.

신경망을 구성하고 있는 신경섬유와 신경종말 속에는 사립체와 신경소관 그리고 4종류의 분비성소포 (직경, 75 nm, 50 nm, 그리고 37 nm 정도의 전자밀도가 높은 과립소포 3종과 30 nm 크기의 전자밀도가 낮은 투명과립소포 1종) 등이 존재하였는데, 이들은 단일소포 형태와 혼합소포형태로 존재하였다. 또한 이들의 신경연접 형태는 축삭-수상돌기연접과 축삭-축삭돌기연접 등의 신경연합만이 주로 관찰되는 특징을 보였다.

FIGURE LEGENDS

- Fig. 1.** Electron micrograph showing the neuron (Ne) and neuropils (Np) in the Cerebral ganglion. N, nucleus; Nu, nucleolus. scale bar=3 μ m
- Fig. 2.** Electron micrograph showing the neurosecretory cell (Ns) which contacted with the nerve fibers (NF). arrow, rough endoplasmic reticulum; arrowhead, dense granules; He, heterochromatin; N, nucleus. scale bar=1 μ m
- Fig. 3.** Longitudinal section through the axo-axonic synapse (large arrow) in the neuropils. small arrow, type-IV of lucent vesicles; arrowhead, neurotubules. scale bar=0.5 μ m
- Fig. 4.** Cross section through the nerve fibers in the neuropils. large arrow, type-I of dense vesicles; open arrow, type-II of dense vesicles; small arrow, type-III of dense vesicles; M, mitochondria, scale bar=1 μ m
- Fig. 5.** Longitudinal section through the axon fiber (Ax) and nerve ending (Nd) in the neuropils. large arrow, type-I of dense vesicles; small arrow, type-II of dense vesicles; open arrow, type-IV of lucent vesicles; arrowhead, neurotubules. scale bar=0.5 μ m
- Fig. 6.** Electron micrograph showing the axo-dendritic synapse (arrow) and cytoplasmic process of glial cell (open arrow) in the neuropils. M, mitochondria. scale bar=0.5 μ m
- Fig. 7.** Electron micrograph showing the nerve ending (arrow) which contacted with secretory granular cell (G) in the neuropils. Np, neuropils. scale bar=3 μ m
- Fig. 8.** Electron micrograph showing the oligodendrocyte-like cell (arrow) between the nerve fibers. G, secretory granular cell, scale bar=3 μ m





