

배추흰나비 (*Pieris rapae* L.) 腦間部의 神經細胞에 대한 微細構造

李 鳳熙* · 金 宇甲**

Ultrastructure of Nerve Cells in the Pars Intercerebralis of Cabbage Butterfly *Pieris rapae* L.

Lee B.H*, W.K. Kim**

Abstrat

The study on the nerve cells in the pars intercerebralis(IP) of 5-day-old cabbage butterfly *Pieris rapae* L. was performed to observe their ultrastructures and classify them on the basis of the differences in size, shape and relative distribution of cell organelles. The brain-subesophageal ganglion complex was fixed in 1% paraformaldehyde-1% glutaraldehyde mixture and embedded in araldite mixture. The transverse thin sections of IP were stained with uranyl acetate and lead citrate and examined by Hitachi 500 and JEM 100B electron microscope. Five distinct types of nerve cells are recognized and are arbitrarily designated as Type I, Type II, Type III, Type IV and Type V.

Type I neurone: These neurones are neurosecretory cells. Several neurosecretory cells are recognized in the pars intercerebralis. They are roughly round or peach-shaped cells measuring 13~25 μ m in diameter. The rounded nucleus shows about 5~10 μ m in diameter. The chromatin is predominantly diffused with only occasional dense patches. The perikaryon contains numerous mitochondria, free polyribosomes and neurosecretory granules. The neurosecretory granules are relatively uniform in electron density, and each one is about 100~400 μ m in diameter and surrounded by a single membrane. The granules are also observed mostly as in groups. In one group of neurones the cisternae of endoplasmic reticulum are distended or in other group of neurones are not distended. Golgi saccules are slightly dilated at their lateral extremities and contains frequently dense rounded materials.

Type II neurone: These have the largest soma in the pars intercerebralis about 30~35 μ m in diameter. They also show roughly polygonal in shape. The nucleus is elongated or sickle-shaped. The chromatin is mainly in the euchromatin form. The perikarya in these cells are well populated with populated with free ribosomes and contain numerous mitochondria and Golgi bodies. The cisternae of granular endoplasmic reticulum are also well distributed.

Type III neurone: They are oval or spindle-shaped and also medium-sized neurones approxim-

*順天鄉大學 生物學科

**高麗大學校 生物學科

*Department of Biology, Soon Chun Hyang College

**Department of Biology, Korea University

ately 15~17 μm in length. The nucleus is oval or slightly elongated in shape and 8~9 μm in length. The chromatin occurs in diffused form. The cytoplasm contains many filamentous or oval mitochondria. The perikaryon has also numerous free polyribosomes and cisternae of granular endoplasmic reticulum.

Type VI neurone: They are roughly polygonal in shape probably due to the close approximation of the adjacent cells. The soma is about 7~8 μm in diameter. The nucleus is round or oval in shape and 5.0~5.8 μm in diameter. The nucleus also occupies a large proportion of the cell body. The perikaryon is well populated with free ribosomes and contains several mitochondria and cisternae of granular endoplasmic reticulum.

Type V neurone: These neurones are similar to Type VI neurones in various respects such as cell size and cell inclusion, but they differ from Type VI neurones in shape. The soma is oval or slightly elongated. The cell body contains several filamentous and oval mitochondria.

서 론

昆蟲의 神經細胞의 微細構造에 관해서 Beam *et al.* (1953)과 Lane(1968 a, b)의 *Melanoplus*, Gresson *et al.* (1956)과 Schürmann and Wechsler(1969)의 *Locusta*, Hess(1958a), Pipa *et al.* (1959), Pipa(1962) 및 Smith and Treherne(1963)의 *Periplaneta*, Willey and Chapman(1962)의 *Blaberus*, Trujillo-Cen'z(1959, 1962)의 *Lepidoptera*, Lamparter(1966)의 *Formica*, Chiarodo(1968)의 *Sarcophaga* 그리고 Sohal *et al.* (1972)의 *Musca*에 대한 연구 등이 있었다. 즉 Pipa *et al.* (1959)은 *Periplaneta*의 腹部神經節에서 2型의 神經細胞를 Lamparter(1966)는 前胸神經節에서 2型 神經細胞를 Chiarodo(1968)는 *Sarcophaga*의 胸神經節에서 3型 이상의 神經細胞를 그리고 Sohal *et al.* (1962)은 *Musca*의 腦에서 5型의 神經細胞를 보고한 바 있다.

특히 昆蟲 前腦의 腦間部에 出現하는 神經細胞에 대해서도 american locust(Strong, 1965), *Calliphora erythrocephala*(Thomsen, 1965), blowfly(Hsiao and Fraenkel, 1966), monarch butterfly(Nordlander and Edwards, 1968), house cricket(Dutkowsky *et al.*, 1971), earwig(Awasthi, 1975), 그리고 silk worm(Park and Seong, 1975)에서 이미 보고되었다. monarch butterfly의 腦間部에는 形態학적으로 구별할 수 있는 3型 이상의 神經細胞가 존재하였다(Nordlander and Edwards, 1968). 그러나 배추흰나비 成體의 腦間部에 出現하는 神經細胞에 대해서는 아직 보고된 바 없다.

저자들은 배추흰나비 5일 成體의 前腦 중 腦間部에 出現하는 모든 神經細胞의 微細構造를 관찰하고 그 神經細胞들을 形態학적으로 分류하고자 본 실험을 행하였다.

재료 및 방법

배추흰나비(*Pieris rapae* L.)의 卵을 배추밭에서 채집하여 실험실에서 인공 재배시킨 배추의 잎에서 卵, 幼虫, 蛹 그리고 成虫으로 인공 부화·변태시켰다. 배추흰나비의 卵이 부화·변태할 수 있게끔 실험실내의 온도는 25°C, 상대습도는 75~78%로 유지시켜 주었으며, 이 같은 조건하에서 배추흰나비의 卵은 3~4일 경과후 幼虫으로 부화되었다. 幼虫은 다시 약 5일여의 幼虫期를 거쳐 蛹으로 변태되었으며, 蛹은 다시 6~7일 후에 成虫(배추흰나비)으로 변태되었다. 변태된 직후의 배추흰나비는 야외에 설치해 놓은 배추흰나비 사육장(159L×74W×146Hcm)으로 옮겨져 사육되었다. 배추흰나비에게 먹이로 50% 벌꿀 용액과 물을 제공하여 주었다. 사육장내에서 成體가 된지 5일이 된 배추흰나비(이하 배추흰나비 5일 成體로 略함)를 잡아서 재료로 사용하였다.

배추흰나비 5일 成體를 에틸 에테르로 마취시킨 후 斷頭 회생시켜 4°C의 1% paraformaldehyde-1% glutaraldehyde(phosphate buff, pH7.4) 前固定液에 넣어 解剖顯微鏡(AO, 30X)에서 頭部의 角質層을 제거하고 腦一食道下神經節複合體를 분리하였다. 분리된 腦一食道下神經節을 새로운 前固定液(4°C)에 옮겨 넣어 약 4시간 固定한 다음 완충용액(0.4M phosphate buffer, pH7.4, glucose, CaCl₂ 포함)으로 10분 간격으로 3회 洗滌하였다. 洗滌이 끝난 재료를 2% O₃O₄(4°C)에 1시간 後固定한 후 phosphate buffer(pH7.4)로 洗滌하고 곧 ethanol series 및 acetone으로 脫水하여 araldite 混合液에 包埋하였다.

包埋된 재료는 LKB Ultramicrotome으로 먼저 1 μm 의 切片을 만들어 toluidine blue-borax로 염색한 후 光

學顯微鏡하에서 정확한 부위를 확인한 다음 超薄切片을 만들어 uranyl acetate에 이중 염색하여 Hitachi 500 및 JEM 100B 電子顯微鏡으로 관찰하였다.

결 과

腦間部의 神經細胞는 두 前腦半球의 背中線과 背中線의 양측에 존재하였다. 이들 神經細胞들은 크기, 形태 및 細胞小器官 등의 차이에 의하여 5型으로 구분될 수 있었다.

第1型神經細胞 : 脳間部에서 수개의 神經分泌細胞(median neurosecretory cell)가 관찰되었다(그림 1, 4). 細胞體의 직경은 $13\sim25\mu\text{m}$ 이었고 그 형태는 球形 혹은 복동아 모양을 하고 있었다. 核은 球形이었으며 그 직경은 $5.0\sim10.0\mu\text{m}$ 이었다. 染色質은 核質의 전반에 비교적 균등히 분포되어 있었다. 細胞質에는 직경이 $100\sim400\text{nm}$ 이고 하나의 單位膜에 의하여 둘러싸여져 있는 球形의 分泌顆粒이 많이 존재하였다. 分泌顆粒의 대부분은 내부에 電子密度가 높은 心(core)을 포함하고 있었으나 電子密度가 낮은 心을 포함하고 있는 分泌顆粒도 관찰되었다(그림 3, 5). 神經分泌細胞의 끝지장치 중 cisterna의 側端에 顆粒이 포함되어 있었으며 이들 顆粒들은 電子密度가 높은 것과 낮은 것이 함께 出現하고 있었다(그림 3, 5). 分泌顆粒들은 또한 細胞質에서 다수(그림 1) 혹은 소수(그림 4)의 집단을 이루고 있었다. 粗面小胞體는 전세포질내에 잘 발달되어 있었으며, 그 cistern이 넓어져 있는 細胞體(그림 4, 5)와 좁아져 있는 細胞體(그림 1, 2)가 관찰될 수 있었다. free ribosome도 풍부하였으며 lysosome도 관찰되었다.

第2型神經細胞 : 脳間部에는 또한 長徑이 $30\sim35\mu\text{m}$ 인 매우 큰 神經細胞가 수개 존재하였다. 예 이같은 巨大神經細胞는 그 形태가 多角形이었다. 核은 길거나(그림 6), 節狀(그림 8)의 形태를 하고 있었으며, 染色質은 核質의 전반에 균등히 분포되어 있었다. 細胞質에는 crista가 발달된 mitochondria가 매우 많이 존재하였고 특히 Golgi complex도 다른 型의 神經細胞에서 보다 잘 발달되어 있었다(그림 7). 粗面小胞體도 잘 발달되어 있으며 free ribosome도 풍부하였고 lysosome도 관찰되었다.

第3型神經細胞 : 脳間部의 尾側部에서 紡錘形을 한 第3型神經細胞가 관찰되었다(그림 10). 이같은 神經細胞는 長徑이 $15\sim17\mu\text{m}$ 이었고 短徑은 약 $7.5\mu\text{m}$ 이었다. 核은 타원형으로서 그 長徑은 $8\sim9\mu\text{m}$ 이었다. 細胞質에는 粗面小胞體의 발달이 미약하였으며 그 cistern도 모두 좁았다. lysosome은 다른 型의 細胞에서 보다

많이 관찰되었으며 Golgi complex도 관찰되었다(그림 9, 10).

第4型神經細胞 : 脳間部에는 비교적 多角形인 $7\sim8\mu\text{m}$ 의 작은 神經細胞가 존재하였다. 이같은 細胞들은 核이 $5.0\sim5.8\mu\text{m}$ 의 크기를 가지고 있어, 적은 양의 細胞質을 포함하고 있었다. 이들 核의 形態는 球形이었으며, 核質에는 染色質에 균등히 분포하고 있었다(그림 12). 細胞質에는 free ribosome도 풍부하였으며 mitochondria는 電子密度가 높은 基質과 縱軸에 평행하게 달리는 crista를 가지고 있었다. 粗面小胞體의 발달은 미약하였으며 cistern은 좁아져 있었다.

第5型神經細胞 : 腹間部에는 또한 第5型神經細胞와 크기는 비슷하나 그 形態가 다른 第5型神經細胞가 존재하였다. 이같은 神經細胞들은 그 細胞體가 불규칙한 卵形이었고 核도 비교적 불규칙한 形態를 하고 있었다. 이들 細胞들은 또한 腹間部에 出現하는 神經細胞 중 가장 많았다.

고 考

배추흰나비 5일 成體의 脳間部에 존재하는 神經細胞들은 電子顯微鏡으로 관찰하여 神經細胞의 形態, 크기 그리고 細胞小器官의 차이 등에 의해 5類型의 神經細胞로 구분하였다. 第1型의 神經細胞는 神經分泌細胞로서 中央神經分泌細胞(median neurosecretory cell)라고 명명하고 있다. 이같은 細胞는 많은 사람들의 연구 대상이 되어 왔다(Blest and Collett, 1965; Thomsen, 1965; Strong, 1965; Bloch et al., 1966; Hsiao and Fraenkel, 1966; Gosbee et al., 1968; Dutkowski et al., 1971; Awasthi, 1975; Park and Seong, 1975). 中央神經細胞는 대부분의 昆蟲에서 관찰될 수 있으며 顆粒狀으로 分泌物質을 形成하여 軸索에 의해 일정한 器官에 저장시킨다(Nishiitsutsuji-Uwo, 1961). Nishiitsutsuji-Uwo(1961)에 의하면, 脳間部正中線의 양측에 있는 中央神經分泌細胞를 떠나는 두 집단의 軸索들은 腦組織내에서 서로 交叉한 후 “nervus corporis cardiaci I”을 형성하여 腦를 떠나 카디아體를 경유 아라다體에 이른다는 것이다. 그래서 中央神經分泌細胞의 分泌顆粒들은 결국 아라다體에 저장되는 것으로 밀어진다. 中央神經分泌細胞의 分泌顆粒들은 보통 $100\sim400\text{nm}$ 의 크기를 가지고 있고 電子密度가 비교적 높다. 그러나 배추흰나비 5일 成體의 脳間部에서는 電子密度가 비교적 높은 分泌顆粒과 비교적 낮은 分泌顆粒을 한 細胞내에 동시에 포함하고 있었다. Prent(1972)는 *Schistocerca*의 脳間部組織을 組織化學的方法으로 처

리하여 腦間部에 존재하는 神經分泌細胞를 A細胞와 B細胞로 구분하였다. A細胞는 cysteine은 풍부하나 tyrosin은 존재하지 않았으며 염기성 아미노산은 보통으로 포함하는 蛋白質性 分泌顆粒을 함유하였다. 이에 비해 B細胞는 cysteine은 보통으로 포함하였으나 tyrosine은 풍부하였으며 염기성 아미노산은 적거나 혹은 보통으로 포함한 역시 蛋白質性 分泌顆粒을 함유한 神經分泌細胞이었다. 이 같은 分泌顆粒은 細胞體의 골지장치에서 形成되는 것 같다(Normann, 1965; Bassurmanova and Panov, 1967; Beattie, 1971). 본 실험에서도 골지체의 cistern側端에 원형의 分泌顆粒이 포함되어 있는 예가 관찰되곤 하였는데, 이 같은 결과로 미루어 보아 배추흰나비 5일 成體에서는 골지체에서 分泌顆粒이 형성되는 것 같다. Borg *et al.* (1973)은 神經分泌顆粒이 골지체에서 형성되는 것은 사실이나 小胞體에서도 성숙되지 않은 颗粒이 형성될 수 있으며 이 같은 颗粒은 Golgi saccule을 통과하게 되면 성숙화됨으로 된다고 하였다. 그러나 배추흰나비에서는 小胞體에서 형성되는 分泌顆粒이 관찰되지 않았다. 이는 아마도 蛋白質의 합성 과정이 可視性이 아닐 뿐만 아니라 可視性 颗粒을 관찰하기 위해서는 특수한 固定法이 개발되어야 하겠고 또 放射性 同位元素를 이용한 전자현미경적 自記 放射法을 사용하여야 이 문제는 해결되리라 믿는다.

배추흰나비 5일 成體의 腦間部에서는 30~35 μm 크기의 巨大神經細胞가 관찰되었다. 巨大神經細胞의 細胞質에는 mitochondria, 골지체 등의 細胞小器官이 잘 발달되어 있었으나 颗粒은 포함되어 있지 않았다. 이 같은 巨大神經細胞는 *Calliphora erythrocephala*의 成體腦에서 8~10개가 관찰되었으며 *Musca domestica*의 前腦(Grandori *et al.*, 1951), *Lepidoptera*의 腦(Rehm, 1955), *Oncopeltus*(gohansson, 1958), 그리고 *Schistocerca*(Highnam, 1961) 등에서도 관찰되었다. 배추흰나비 5일 成體의 腦間部에서 관찰된 第3型의 神經細胞는 그 모양이 전형적인 神經細胞의 구조를 하고 있었으며, 第4型 및 第5型 神經細胞는 가장 많이 관찰되었다. *Musca domestica*(Sohal *et al.*, 1972)와 *Danaus*(Nordlander & Edwards, 1968)의 腦에서 관찰된 작은 神經細胞는 聯合神經細胞라고 지적된 바 있는데 이 같은 작은 神經細胞는 배추흰나비 5일 成體의 第4型 및 第5型 神經細胞와 비슷한 크기의 細胞이었다.

結論

배추흰나비가 된지 5일 된 成體의 前腦 중 腦間部에 出

現하는 각종 神經細胞의 微細構造를 관찰하고 그들 神經細胞의 크기, 形태 및 細胞小器官의 分布 등의 차이에 따라 그 神經細胞들을 形態학적으로 분류하고자 본 실험을 수행하였다. 배추흰나비로부터 腦一食道下神經節을 떼어내어 1% paraformaldehyde-1% glutaraldehyde混合液과 1% OsO₄에 前·後 固定하고 包里한 후 超薄切片을 만들어 uranyl acetate와 lead citrate로 이중 염색하여 腦間部에 出現하는 모든 神經細胞를 전자현미경으로 관찰하였다.

第1型神經細胞：細胞質에 分泌顆粒을 포함하고 있는 神經分泌細胞로서 이들 細胞는 卵形 혹은 多角形이었으며 13~25 μm 의 크기를 가지고 있었다.

第2型神經細胞：30~35 μm 크기의 巨大神經細胞로서 第1型神經細胞의 近域에서 관찰되었으며 細胞質에는 mitochondria와 골지체가 잘 발달되어 있었다.

第3型神經細胞：長徑이 15~17 μm 인 方추형의 細胞로서 細胞質에는 lysosome 등이 잘 관찰되었다.

第4型神經細胞：7~8 μm 크기의 작은 細胞로서 5.0~5.8 μm 크기의 구형인 뚜렷한 核을 가지고 있었으며 細胞質의 부피는 비교적 작았다.

第5型神經細胞：세포체가 약 5.0~11.0 μm 의 크기를 가진 불규칙 形태의 세포로서, 核도 불규칙 形태이며서 비교적 컸다.

참고문헌

- Awasthi, V.B., 1975. Neurosecretory system of the earwig *Labedura riparia*, and the role of the aorta as a neurohaemal organ. *J. Insect Physiol.* 21 : 1712~1717.
- Bassurmanova, O.K. and A.A. Panov, 1967. Structure of the neurosecretory system in Lepidoptera. Light and electron microscopy of type A neurosecretory cells in the brain of normal and starved larvae of the silk-worm, *Bombyx mori*. *Gen. comp. Endocr.* 9 : 245~262.
- Beams, H.W., A.W. Sedar and T.C. Evans, 1953. Studies on the neurons of the grasshopper with special reference to the Golgi bodies, mitochondria and neurofibrillae. *La Cellule*. 55 : 291~304.
- Beattie, T.M., 1971. Histology, histochemistry and ultrastructure of neurosecretory cells in the optic lobe of the cockroach, *Periplaneta americana*. *J. Insect Physiol.* 17 : 1843~1855.
- Blest, A.D. T.S. Collett, 1965. Micro-Electrode studies

- of the medial protocerebrum of some lepidoptera. I. Responses to simple, binocular visual stimulation. *J. Insect Physiol.* 11 : 1079~1103.
- Bloch, B.E. Thomsen, and M. Thomsen 1966. The neurosecretory cry of the adult *Calliphora erythrocephala*. III. Electron microscopy of the medial neurosecretory cells of the brain and some adjacent cells. *Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat.* 70 : 185~208.
- Borg, T.K., R.A. Bell and D.J. Picard, 1973. Ultrastructure of neurosecretory cells in the frontal ganglion of the tobacco hornworm, *Manduca sexta* (L.). *Tissue cell.* 5 : 259~267.
- Chiariodo, A.J., 1968. The fine structure of neurones (and nerve) fibers in the thoracic ganglion of the blowfly, *Sarcophaga bullata*. *J. Insect Physiol.* 14 : 1169~1175.
- Dutkowski, A.B., B. Cymborowski and A. Przeleska, 1971. Circadian changes in the ultrastructure of neurosecretory cells of the pars intercerebralis of the house cricket. *J. Insect Physiol.* 17 : 1763~1772.
- Gosbee, J.L., J.V. Milligan and B.N. Samllman, 1968. Neural properties of the protocerebral neurosecretory cells of the adult cockroach *Periplaneta americana*. *J. Insect Physiol.* 14 : 1785~1792.
- Grandore, R.E., eE. Care', 1951. Sulla presenza de cellule giganti nel sistema nervoso centrale de *Musca domestica* L. *Boll. Zool. Agrar. Milano.* 18 : 11, 1~9.
- Gresson, R.A.R., L.T. Threadgold and N.E. Stinson, 1956. The Golgi elements of the neurones of *Helix*, *Locusta* and *Lumbricus*. *La Cellule.* 58 : 7~16.
- Hess, A., 1958a. The fine structure of nerve cells and fibers, neuroglia and sheaths of the ganglion chain in the cockroach(*Periplaneta americana*). *J. Biophys. Bilchen, Cytol.* 4 : 731~742.
- Highnam, K.C., 1961. The histology of the neurosecretory system of the adult female Desert Locust, *Schistocerca gregaria*. *Quart. J. Micr. Sci.* 102 : 27~38.
- Hsiao, C. and G. Fraenkel, 1966. Neurosecretory cells in the central nervous system of the adult blowfly *Phormia regina* Meigen(Diptera: Calliphora). *J. Morphol.* 119 : 21~38.
- Johansson, A.S., 1958. Relation of nutrition to endocrine reproductive functions in the Milkweed Bug (*Oncopeltus fasciatus* Dallas) (Heteroptera: Lygaeidae). *Nytt Mag. Zool.* 7 : 1~132.
- Lamarter, H.E., 1966. Die Strukturelle Organization des Prothorakal ganglion bei der Waldameise (*Formica lugubris* Zett). *Z. Zellforsch.* 74 : 198~231.
- Lane, N.J., 1968a. Distribution of phosphatases in the Golgi region and associated structures of the thoracic ganglionic neurons in the grasshopper, *Melanoplus differentialis*. *J. Cell Biol.* 37 : 89~104.
- Lane, N.J., 1968b. Lipochondria, neutral red granules and lysosomes: Synonymous terms? In: Cell structure and its interpretation. (S.M. McGeeRussell and K. F.A. Ross, editors). Arnold Ltd., London, pp. 169~182.
- Nishiutsutsuji-Uwo, J., 1961. Electron microscopic studies on the neurosecretory system in Lepidoptera. *Z. Zellforsch.* 54 : 613~630.
- Nordlander, R.H. and J.S. Edwards, 1968. Morphology of the larval and adult brains of the monarch butterfly, *Danaus plexippus plexippus*, L. *J. Morphol.* 126 : 67~94..
- Normann, T.C., 1965. The neurosecretory system of the adult *Calliphora erythrocephala*. I. the fine structure of the corpus cardiacum with some observations on adjacent organs. *Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat.* 67 : 461~501.
- Park, K.E. and S.I. Seong, 1975. Fine structure of median neurosecretory cell in diapause and non-diapause brains of the silk-worm, *Bombyx mori*. *J. Insect Physiol.* 21 : 1311~1317.
- Pipa, R.L., 1962. A cytochemical study of neurosecretory and other neuroplasmic inclusions in *Periplaneta americana*. *Gen. Comp. Endocrin.* 2 : 44~52.
- Pipa, R.L., E.F., Cook and A.G. Richards, 1959. Studies on the hexapod nervous system. III. The histology of the thoracic ganglia of the adult cockroach, *Periplaneta americana*. *J. Comp. Neurol.* 113 : 401~433.
- Prent, P., 1972. Histology of neurosecretion in the pars intercerebralis corpus cardiacum system of

- the desert locust. *Gen. Comp. Endocrinol.* 18 : 482 ~500.
- Rehm, M., 1955. Morphologische und histochemische Untersuchungen an neuresekretorischen Zellen von Schmetterlingen. *Z. Zellforsch. Micr. Anat.* 42 : 19~58.
- Schürmann, F.W. and W. Wechsler, 1969. Elektronenmikroskopische Untersuchung am Antennallobus des Deutocerebrum der Wanderheuschrecke *Locusta migratoria*. *Z. Zellforsch. Micr. Anat.* 95 : 223~248.
- Amith, D.S. and J.E. Treherne, 1963. Functional aspects of the organization of the insect nervous system. In: Advances in Insect Physiology, Vol. 1 (Beament J.W.L., J.E. Treherne and V.B. Wigglesworth, editors). Academic Press, London and New York, pp. 401~484.
- Sohal, R.S., S.P. Sharma and E.F. Couch, 1972. Fine structure of the neural sheath, glia and neurons in the brain of the house fly, *Musca domestica*. *Z. Zellforsch.* 135 : 449~460.
- Strong, L., 1965. The relationships between the brain, corpora allata, and oocyte growth in the central american locust, *Schistocerca sp.* I. The central neurosecretory system, the corpora allata and oocyte growth. *J. Insect Physiol.* 11 : 135~146.
- Thomsen, M., 1965. The neurosecretory system of the adult *Calliphora erythrocephala*. II. Histology of the neurosecretory cells of the brain and some related structure. *Z. Zellforsch. Mickrosk. Anat.* 67 : 693~717.
- Trujillo-Cenoz, O., 1959. Study on the fine structure of the central nervous system of *Pholus luberuscae* L. (Lepidoptera). *Z. Zellforsch.* 49 : 432~446.
- Trujillo-Cenoz, O., 1962. Some aspects of the structural organization of the arthropod ganglia. *Z. Zellforsch. Micr. Anat.* 56 : 639~682.
- Willey, R.B. and G.B. Chapman, 1962. Fine structure of neurons within the pars intercerebralis of the cockroach, *Blaberus craniifer*. *Gen. Comp. Endocr.* 2 : 31~43.

Figure Legends

- Fig. 1.** Type I nerve cell body of pars intercerebralis showing several groups of numerous electron dense neurosecretory granules(SG) around the nucleus(N). The neurosecretory cell contains considerable arrays of rough endoplasmic reticulum. The cisternae of endoplasmic reticulum are not distended. T trachea.
- Fig. 2.** The multilamellated structure(L) and neurosecretory granules(SG) in the perikaryon of Type I nerve cell.
- Fig. 3.** Higher magnification of Type I neuronal perikaryon of pars intercerebralis. Neurosecretory granules (SG) show variable electron opacity in the cytoplasm. G Golgibody; M mitochondria; RER rough endoplasmic reticulum; R ribosome.
- Fig. 4.** Type I nerve cell body of pars intercerebralis showing dispersed groups of a small number of neurosecretory granules in the cytoplasm. The cisternae of rough endoplasmic reticulum(ER) are distended. The lysosome(L) is also seen. N nucleus.
- Fig. 5.** Golgi complex(G) of Type I nerve cell body of pars intercerebralis showing the formation of neurosecretory granules(SG) from the cisternae of Golgi complex(arrow). The dense-cored granules are surrounded by a single membrane. The granules appear to be elaborated in the cisternae of Golgi complex. ER endoplasmic reticulum; L lysosome.
- Fig. 6.** Type II nerve cell body of pars intercerebralis. This giant cell has irregularly shaped perikaryon and nucleus(N). Note a number of mitochondria(M) and Golgi complex(G) in the dytoplasm. NU nucleolus.
- Fig. 7.** Higher magnification of Golgi bodies in the perikaryon of Type II nerve cell. M mitochondria.
- Fig. 8.** Second feature of giant neurone of pars intercerebralis. Numerous mitochondria has very profuse cristae. Note the nucleus(N) of unusual shape into which a part of neuronal cytoplasm has invaginated.

Nucleus also possesses a single prominent nucleolus(NU). G Golgi complex.

Fig. 9. Higher magnification of Type III neurone of pars intercerebralis showing well developed cell organelles. Two kinds of mitochondria(M), lysosome(L) and Golgi complex(G) occur around the nucleus (N).

Fig. 10. Type III neurone showing spindle-shaped perikaryon and its axon(A). Perikaryon possesses a prominent nucleus(N) and lysosomes(L). Perikaryon and its axon are surrounded by a thin layer of glial cytoplasm.

Fig. 11. Neuropile immediately below the layer of nerve cell bodies of pars intercerebralis. Two nuclei of glial perikarya are also seen. A axon; GC glial cell; M mitochondria.

Fig. 12. Neuronal perikarya of type IV in the pars intercerebralis showing very prominent nuclei(N) which have a average diameter of 5.0~5.8 μ m. Perikarya possess relatively a small diameter of 7~8 μ m. NU nucleolus.

Fig. 13. Type V nerve cell body of pars intercerebralis showing poorly developed cell organelles. Nucleolus shows a prominent presence near the nuclear envelope. M mitochondria; N nucleus; GF glial fold.

Fig. 14. Section through the perikaryon of Type V in the pars intercerebralis showing rough endoplasmic reticulum, mitochondria(M) and abundant free ribosomes. Perikaryon is ensheathed by the varicus layers of glial folds which contain numerous mitochondria with profuse cristae. GF glial fold; N nucleus.











