

배추흰나비 食道下神經節의 神經細胞에 關한 微細構造的 研究

金 宇 甲* · 李 鳳 熙**

(*高麗大學校 理科學科 生物學科, **順天鄉大學 生物學科)

An Ultrastructural Study on the Nerve Cell Bodies of Subesophageal Ganglion from the Cabbage Butterfly, *Pieris rapae* L.

Woo-Kap Kim* and Bong-Hee Lee**

(*Department of Biology, Korea University,)

(**Department of Biology, Soon Chun Hyang College)

Abstract

The study on the nerve cells in the subesophageal ganglion 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.

1. Type I neurons: These cells are neurosecretory granules ranging 100 to 300 nm in size.
2. Type II neurons: As giant neurons averaging 25 to 30 μm in size, such as mitochondria and Golgi apparatus.
3. Type III neurons: These spindle-shaped cells range 9 to 15 μm in width.
4. Type IV neurons: These cells have a range of diameter from 12 to 16 μm . The cells are abundantly observed in the subesophageal ganglion.
5. Type V neurons: These cells are very small nerve cells with 4.5 to 8.0 μm in size and have a prominent nucleus.

緒 論

배추흰나비의 5齡 幼虫에서는 食道下神經節이 腦組
織에 合體되어 있지 않고 신경조직으로 된 연결부에 의
해서 뇌조직의 뒤에 연결되어 있다. 이같은 食道下神
經節은 蛹으로 變態되는 과정에서 거쳐 1日 蛹(1-day-
pupa)으로 되는 과정에서 그 연결부가 점차 짧아지고
궁극적으로 퇴화하여 食道下神經節은 腦의 腹尾에 완
전히 결합한 후 腦-食道下神經節 腹合體를 형성한다
(Heywood, 1965). 食道下神經節은 成體에서 mandible,

maxilla 그리고 labium 등을 지배하는 神經을 포함하
고 있다(Bullock & Horridge, 1965).

著者들은 이미 배추흰나비가 된지 5일 되는 成體의
食道下神經節을 光學顯微鏡으로 관찰하여 신경세포의
크기 및 형태 그리고 分泌顆粒의 유무등에 의하여 神
經細胞를 3類型으로 구분하였다(Lee *et al.*, 1980). 第
1型神經細胞는 8.0~15.0 μm 의 크기를 가진 中型의
세포이었으며 第2型神經細胞는 12.0~26.0 μm 의 크
기를 가진 세포이었다. 第3型神經細胞는 4.5 μm 의 가장
작은 크기를 가진 세포이었다.

※이 論文은 1980년도 文敎部研究費 지원에 의하여 이루어졌음.

곤충의 神經細胞에 대한 微細構造에 관해서는 Beam et al.(1953)과 Lane(1968 a,b)의 *Melanoplus*, Gresson et al.(1956)과 Schürmann & Wechsler(1969)의 *Locusta*, Hess(1958 a), Pipa et al.(1959), Pipa (1962) 및 Smith & Treherne(1963)의 *Periplaneta*, Willey & Chapman(1962)의 *Blaberus*, Trujillo-Cenoz(1959, 1962)의 *Lepidoptera*, Lampater(1966)의 *Formica*, Chiarodo(1968)의 *Sarcophaga* 그리고 Sohal et al.(1972)의 *Musca*에 대한 연구등이 있었다. 배추흰나비의 食道下神經節에 존재하는 神經細胞의 微細構造에 대해서는 아직까지 보고된 바 없다. 著者들은 배추흰나비 5일 成體의 食道下神經節에 出現하는 各種 神經細胞의 微細構造를 관찰하고 그 세포들을 形態學의 으로 분류하여 그 結果를 얻었기에 이에 보고하고자 한다.

材料 및 方法

배추흰나비(*Pieris rapae* L.)의 卵을 야외에 경작된 배추에서 채집하여 실험실에 개재한 배추잎에서 卵, 幼虫, 蛹, 成虫으로 孵化·變態시켰다. 실험실의 온도는 25°C, 상대습도는 75~80%로 유지시켜 주었으며 이같은 조건하에서는 卵은 3~4일 경과후 幼虫으로 부화되었다. 幼虫은 다시 약 5일간의 幼虫期를 거쳐 蛹으로 變態되었으며 다시 6~7일 후 蛹은 成虫(배추흰나비)으로 變態되었다. 배추흰나비는 變態된 직후 야외에 설치해놓은 배추흰나비의 飼育場(159L×74W×146H cm)으로 옮겨서 사육되었다. 배추흰나비의 먹이로는 50% 벌꿀용액과 물이 제공되었다. 飼育場내에서 成虫이 된지 5일이 된 배추흰나비를 잡아서 실험재료로 사용하였다.

배추흰나비 5일 성체를 에틸 에테르로 마취시킨 후 斷頭 희생시켜 약 4°C의 1% paraformaldehyde-1% glutaraldehyde(phosphate buffer, pH 7.4) 前固定液에 넣어 해부현미경(AO, 30×) 하에서 頭部의 角質層을 제거하고 腦-食道下神經節 腹合體를 분리하였다. 분리된 腦-食道下神經節을 새로운 前固定液(4°C)에 옮겨 넣어 약 4시간 固定한 다음 완충용액(0.4 M phosphate buffer, pH 7.2, glucose, CaCl₂ 포함)으로 10분 간격으로 3회 세척하였다. 세척이 끝난 材料를 2% OsO₄(4°C)에 1시간 後固定한 후 phosphate buffer로 세척하고 곧 ethanol series 및 acetone으로 脫水하여 araldite混合液에 包埋하였다.

包埋된 材料는 Sorvall Ultramicrotome으로 먼저 1μm의 切片을 만들어 toluidine blue-borax로 染色한

후 光學顯微鏡으로 정확한 부위를 확인한 다음 超薄切片을 만들어 uranyl acetate와 lead citrate로 二重染色한 후 Hitachi HS-7S 電子顯微鏡으로 관찰하였다.

結 果

배추흰나비 5일 成體의 食道下神經節은 腦의 腹部에서 腦組織에 완전히 合體되어 있었다. 食道下神經節의 神經細胞體는 그 皮質部에서만 관찰되었고 髓質部에는 神經纖維가 존재하였다. 皮質部の 神經細胞는 神經膠細胞의 突起에 依해서 완전히 둘러싸여져 있어서 인접한 神經細胞와 連接을 하지 않았다. 이같은 皮質部の 神經細胞는 細胞의 크기, 형태 및 細胞質 내의 小器官의 分布等에 따라 5類型으로 구분될 수 있었다.

第 1 型神經細胞: 細胞의 형태는 卵形, 長方形 및 三角形等 다양하였으며 그 크기는 15~25μm로서 비교적 컸다(Fig. 2). 核은 그 형태가 비교적 不規則形이었으며 매우 뚜렷한 仁을 가지고 있었다. 核質에는 染色質이 비교적 均등히 분포되어 있었다. 細胞質에는 직경이 100~300 nm 이고 單膜을 가진 圓形의 顆粒이 존재하였는데 이들 顆粒은 電子密度가 높은 心(core)을 포함하고 있었다. 이들 顆粒은 또한 골지장치의 주위에서 많이 관찰되었다. 小胞體는 粗面小胞體가 대부분이었으며 cistern의 lumen이 좁았다. 遊離리보솜도 풍부하였으며 골지장치는 비교적 많이 관찰되었다. 미토콘드리아도 많이 포함되어 있었으나 리소솜은 많이 관찰되지 않았다.

第 2 型神經細胞: 食道下神經節에는 25~30μm의 상당한 크기를 가진 神經細胞가 존재하였다(Fig. 1). 이들 巨大神經細胞는 매우 不規則한 형태를 가지고 있었으며 核은 卵形 혹은 不規則形이었다. 核質에는 또한 染色質이 均등히 散在되어 있었다. 細胞質에는 미토콘드리아가 매우 발달되어 있었으며 遊離리보솜도 풍부히 관찰되었다. 골지장치도 비교적 많이 관찰되었으며 小胞體는 대부분 粗面小胞體이었다.

第 3 型神經細胞: 紡錘形의 第 3 型神經細胞는 길이가 20~25μm, 폭은 9~15μm이었다(Figs. 5, 7). 核은 대부분 卵形이었으며 染色質은 全核質에 均등히 분포되어 있었다. 細胞質에는 粗面小胞體가 상당히 발달하였으며 미토콘드리아도 많이 분화되어 있었다. 골지장치도 관찰되었으며 遊離리보솜도 풍부하였다. 리소솜은 별로 관찰되지 않았다.

第 4 型神經細胞: 12~16μm의 크기를 가지고 있으며 卵形 혹은 비교적 不規則한 형태를 가진 神經細胞가 많이 관찰되었다(Figs. 6, 8, 9, 10). 이같은 神經細胞는 第

5型的 神經細胞와 함께 食道下神經節에서 主種을 이루었다. 核은 不規則한 형태를 한 것이 대부분이었으며 核質에는 染色質이 均등히 분포하고 있었다. 小胞體는 cistern의 lumen이 좁았으며 粗面小胞體가 대부분이었다. 미토콘드리아도 발달하여 있었고 골지장치도 관찰되었다. 遊離리보솜도 풍부하였다.

第5型神經細胞: 食道下神經節에서는 또한 4.5~8.0 μm 의 작은 크기를 가진 神經細胞가 많이 관찰되었다 (Figs. 3, 4). 이들 細胞의 형태는 圓形, 長方形 그리고 卵形等 다양하였다. 核은 2.5~6.0 μm 로서 細胞의 크기에 비해서 매우 컸으며 그 형태도 역시 圓形, 卵形 및 長方形等 다양하였다. 核質에는 染色質이 역시 均등히 분포하고 있었다. 細胞質에는 遊離리보솜이 풍부하였으며 미토콘드리아, 골지장치 그리고 小胞體等 다른 型의 神經細胞에서 보다 빈곤하게 발달하였다.

考 察

Lee et al. (1980)은 배추흰나비의 食道下細神經節을 光學顯微鏡으로 관찰하여 그 神經細胞를 형태, 크기 및 神胞含有物等에 의하여 3類型으로 구분하였다. 第1型의 神經細胞는 8.4~14.4 μm 의 크기를 가진 中型 크기의 細胞였으며 第2型神經細胞는 크기가 12.0~26.0 μm 인 分泌細胞로 사료되었다. 第3型神經細胞는 약 4.5 μm 의 크기를 작은 細胞이었다. 이같은 결과는 일부 電子顯微鏡을 사용한 本實驗에 의해서 뒷받침되었다. 또한 일부의 결과는 本實驗에 의해서 더욱 명백히 밝혀졌다. 즉 光學顯微鏡으로 관찰한 第1型神經細胞는 電子顯微鏡관찰에 의한 本實驗에서 2型의 神經細胞로 더 분류할 수 있었고 第2型神經細胞도 역시 2型으로 더 나눌 수 있는 所見이었다. 本實驗에서의 第1型과 第2型神經細胞는 크기가 매우 비슷하여 光學顯微鏡下에서는 한 종류의 神經細胞로 구분하였으나 한 型의 神經細胞는 分泌顆粒을 포함하고 있는 神經分泌細胞이었고 또한 型은 分泌顆粒을 포함하고 있지 않은 巨大神經細胞이었다. 第3型의 神經細胞와 第4型의 神經細胞도 光學顯微鏡下에서는 한 가지의 神經細胞로 구분하였었다.

Jeong & Lee (1980)은 배추흰나비의 腦에서 관찰되는 神經細胞를 4類型으로 구분하였다. 배추흰나비의 腦와 食道下神經節의 관찰결과를 비교할때 두 組織에서의 神經細胞는, 매우 비슷한 神經細胞의 분포양상을 보였다. 食道下神經節의 1, 2, 3, 4 및 5型의 神經細胞는 腦組織에도 역시 존재하였다.

第1型神經細胞는 分泌細胞로서 細胞體에서 分泌顆

粒을 合成하여 細胞밖으로 分泌하는 神經分泌의 기능을 가지고 있었다. 細胞質에 존재하는 分泌顆粒은 골지장치에서 形成·成熟되는 것 같다 (Bainton & Farquhar, 1966; Fedorko & Hirsch, 1966; Park & Yoshitake, 1971). 이같은 分泌細胞는 食道下神經節뿐만 아니라 腦 (Jeong & Lee, 1980; Kono, 1972; Blöch et al., 1966; Park & Seong, 1974, Willey & Chapman, 1962)에도 존재한다. 神經分泌細胞의 小胞體는 대부분 cistern의 lumen이 좁아져 있었는데 이것은 아마 分泌細胞가 왕성한 활동기에 있지 않았던 것으로 생각된다.

巨大神經細胞는 25~30 μm 크기의 큰 細胞로서 배추흰나비의 腦에서도 관찰되었다 (Jeong & Lee, 1980). 이 細胞는 미토콘드리아와 골지장치를 풍부하게 포함하고 있었는데 이같은 사실로 미루어 보아 巨大神經細胞는 활성이 높은 細胞로 사료된다. 이같은 細胞는 *Musca domestica*의 前腦 (Grandori et al., 1951), *Lepidoptera*의 腦 (Rehm, 1955), *Oncopeltus* (Johansson, 1958) 그리고 *Schistocerca* (Highnam, 1961) 등에서도 관찰되었다.

第3型, 第4型 그리고 第5型의 神經細胞는 배추흰나비의 食道下神經節과 腦에서 관찰되는 전형적인 神經細胞로 보이며 第5型神經細胞는 *Musca domestica*의 腦 (Sohal & Sharma, 1972) 등에서도 많이 관찰되었다.

結 論

배추흰나비가 된지 5일된 成虫의 食道下神經節에 존재하는 神經細胞의 微細構造를 관찰하고 그들 神經細胞의 크기, 형태 및 細胞小器官의 분포등의 차이에 따라 神經細胞들을 형태학적으로 分類하여 5類型으로 구분할 수 있었다.

1. 第1型神經細胞: 細胞質에 100~300nm 크기의 分泌顆粒을 포함하고 있는 分泌細胞로서 그 크기는 15~25 μm 이며 형태는 不規則한 모습이였다.
2. 第2型神經細胞: 25~30 μm 크기의 巨大神經細胞로서 細胞質에는 미토콘드리아와 골지장치가 매우 발달되어 있었다.
3. 第3型神經細胞: 폭이 9~15 μm 인 紡錘形의 細胞이였다.
4. 第4型神經細胞: 比較的 많이 관찰되는 細胞로서 그 크기는 12~16 μm 이 卵形 혹은 不規則한 형태를 가지고 있었다.
5. 第5型神經細胞: 4.5~8.0 μm 크기의 작은 細胞로서 매우 뚜렷하게 큰 核을 가지고 있었다.

References

- Bainton, D.F. and Farquhar M.G. 1966. Origin of granules in polymorphonuclear leukocytes. Two types derived from opposite faces of the Golgi complex in developing granulocytes. *J. Cell Biol.* 28, 277-301.
- Beams, H.W., Sedar, A.W. and Evans T.C. 1953. Studies on the neurons of the grasshopper with special reference to the Golgi bodies, mitochondria and neurofibrillae. *La Cellule.* 55, 291-304.
- Bloch, B., Thomsen, E. and Thomsen, M. 1966. The neurosecretory system 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.
- Chiarodo, 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.
- Fedorko, M.E. and Hirsch, J.G. 1966. Cytoplasmic granule formation in myelocytes. An electron-microscope radioautographic study on the mechanism of formation of cytoplasmic granules in rabbit heterophilic myelocytes. *J. Cell Biol.* 29, 307-316.
- Grandori, R.E., e E. 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., Threadgold, L.T. and Stinson, N. E. 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. Biochem. 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.
- Jeong K.H. & Lee B.H., 1980. An Ultrastructural Study on the Nerve Cell Bodies of the Brain from Butterfly, *Pieris rapae L.*, in Morphogenesis. *J. Soon Chun Hyang College.* 3, 241-257.
- Johansson, A.S. 1958. Relation of nutrition to endocrinereproductive functions in the Milkweed Bug (*Oncopeltus fasciatus* Lallas) (Heteroptera: Lygaeidae). *Nytt Mag. Zool.* 7, 1-132.
- Kono, Y. 1973. Light and Electron Microscopic Studies on the Neurosecretory Control of Diapause Incidence in *Pieris rapae* Crucivora. *J. Insect Physiol.* 19, 255-275.
- Lamparter, H.E. 1966. Die Strukturelle Organisation 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 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, eds. S.M. McGee-Russell and K.F.A. Ross (Arnold Ltd. London) pp.169-182.
- Leo B.H., Jeong K.H. and Kim W.K. 1980. A Light Microscopic Study on the Subesophageal Ganglion of the Adult Butterfly, *Pieris rapae L.* *Commemoration Papers for Professor C.-W. Kim's 60th Birthday Annivo*, pp.201-208.
- Park, K.E. and Yoshitake N. 1971. Fine structure of the neurosecretory cell in the subesophageal ganglion of the silkworm, *Bombyx mori*. *J. Insect physiol.* 17, 1305-1313.
- Park, K.E. and Seong S.I. 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., Cook, E.F. and Richards A.G., 1959. Studies on the hexapod nervous system. II. The histology of the thoracic ganglia of the adult cockroach, *Periplaneta americana*. *J. Comp. Neurol.* 113, 401-433.
- Pipa, R.L. 1962. A cytochemical study of neurose-

- cretory and other neuroplasmic inclusions in *Periplaneta americana*. *Gen. Comp. Endocri* 2, 44-52.
- Rehm, M. 1955. Morphologische und histochemische Untersuchungen an neurosekretorischen Zellen von Schmetterlingen. *Z. Zellforsch. micr. Ana.* 42, 19-58.
- Schürmann, F.W. and Wechsler W. 1969. Elektronenmikroskopische Untersuchung am Antennallobus des Deutocerebrum der Wanderheuschrecke *Locusta migratoria*. *Z. Zellforsch. micr. Anat.* 95, 223-248.
- Sohal, R.S. and Sharma, S.P. 1972. Age-Related Changes in the Fine Structure and Number of Neurons in the Brain of the Housefly, *Musca domestica*. *Exp. Geront.* 7, 243-249.
- Sohal, R.S., Sharma, S.P. and Couch, E.F. 1972. Fine structure of the neural sheath, glia and neurons in the brain of the house fly, *Musca domestica*. *Z. Zellforsch.* 135, 449-560.
- Smith, D.S. and Treherne, J.E. 1963. Functional aspects of the organization of the insect nervous system. In: *Advances in Insect Physiology*, Vol. 1, eds.: J.W.L. Beament, J.E. Treherne and V.B. Wigglesworth (Academic Press, London and New York) pp.401-484.
- Trujillo-Cenoz O. 1959. Study on the fine structure of the central nervous system of *Pholus lubruscae* L. (Lepidoptera). *Z. Zellforsch.* 49, 432-446.
- Trujillo-Cenoz O. 1962. Some aspects of the structural organization of the arthropod ganglia. *Z. Zellforsch. micr. Ana.* 56, 639-682.
- Wiley, R.B. and Chapman, G.B. 1962. Fine structure of neurons within the pars intercerebralis of the cockroach, *Blaberus craniifer*. *Gen. Comp. Endocr.* 2, 31-43.

Explanation of Figures

- Fig. 1.** Section through the subesophageal ganglion showing type II neuron. Perikaryon has a diameter of about 25 μ m. This giant cell contains numerous mitochondria. Bar line indicates 2 μ m.
- Fig. 2.** Electron micrograph showing type I neuron which contain the secretory granules surrounded by a single membrane. The secretory granule also contain electron density. Bar line indicates 1 μ m.
- Fig. 3.** Type V neurons of subesophageal ganglion showing poorly developed cell organelles. Bar line indicates 2 μ m.
- Fig. 4.** Type V neurons with a large nucleus in which most of the chromatin occur in the evenly diffused form. Bar line indicates 2 μ m.
- Fig. 5.** Spindle-shaped neuron of type III in the subesophageal ganglion. Perikaryon has developed rough endoplasmic reticula and mitochondria. Bar line indicates 2 μ m.
- Fig. 6.** Electron micrograph of type IV neuron containing a diameter of 6 μ m. Bar line indicates 2 μ m.
- Fig. 7.** Section through the perikarya of type III in the subesophageal ganglion containing well-developed mitochondria and Golgi apparatus. Bar line indicates 2 μ m.
- Fig. 8.** Electron micrograph showing well-developed Golgi apparatus in type IV perikaryon. Bar line indicates 2 μ m.
- Fig. 9.** Type IV nerve cell body containing a roughly triangular nucleus. The shape of perikaryon is also triangular. Bar line indicates 2 μ m.
- Fig. 10.** Two perikaryon of type IV surrounded by a glial investment. Bar line indicates 3 μ m.





