

꿀벌부채명나방 뇌신경분비세포의 변태에 따른 변화

이봉희* · 강성훈 · 김민영* · 김우갑

*순천향대학 자연과학부 생물학과, 고려대학교 이과대학 생물학과

꿀벌부채명나방의 후기유충, 전충, 유충 직후충, 4일충, 성충2일전충, 성체에서 뇌를 적출하여 paraldehyde-fuchsin으로 분비활성 신경분비세포만을 염색하여 이 세포들의 분포, 수, 분비물질 특성등이 변태시기에 따라 변화하는 것을 추적하였다.

위의 6변태단계 뇌의 뇌간부, 전뇌측부, 시엽근역부, 중뇌, 후뇌에서 4형의 신경분비세포가 동정되었다.

뇌간부에 있는 medial neurosecretory cell(MNC)은 6변태시기 뇌에서 3~7개이며, 제I형 신경분비세포는 1개를 가지고 있는 성충2일전충을 제외하고는 전반적으로는 3개씩 관찰되었다. 전뇌측부에서 관찰되는 lateral neurosecretory cell(LNC)은 용기와 성충기에서 1~5개가 관찰되었으며 제IV형 신경분비세포가 가장 많았다. 시엽근역부에 분포하는 Optic-lobe neurosecretory cell(ONC)은 4일충에서만 1개가 관찰되었고 제I형 신경분비세포로 확인되었다. 중뇌에서 관찰되는 deuto cerebral neurosecretory cell은 성충에서만 1개가 관찰되었으며 이 세포는 제II형 신경분비세포이었다. 뇌에 있는 tritocerebral neurosecretory cell은 후기유충과 성충에서 3개와 1개가 각각 관찰되었으며 이 세포중 제I형 신경분비세포는 관찰되지 않았다.

KEY WORDS: Metamorphic insect brains, Five Nuclei, Neurosecretory Cells

곤충 뇌는 신경세포뿐만 아니라 특정 신경핵에는 신경분비세포도 포함하고 있다. 곤충에서 뇌 신경분비세포는 생물학적으로 활성인 여러종류의 펩티드들을 생성·분비하여 이동, 신진대사, molting, eclosion, tanning, water balance 등 생리학·발생학적으로 중요한 기능들을 조절한다(Maddrell, 1974; Goldworthy and Mordue, 1974; Riddiford, 1980; Bishop *et al.*, 1981; O'shea and Adams, 1981; Rémy and Dubois, 1981; Zaretsky and Loher, 1983). 또한 이 세포들은 카디아카체(corpora cardiaca), 알라타체(corpora allata), 전흉선(prothoracic gland)에서 생성 또는 저장된 호르몬의 분비에도 영향을 주며(Maddrell and Gee, 1974; Tobe and Stay, 1980; Carrow *et al.*, 1981) 곤충 탈피호르몬인 ecdysone의 분비도 조절하는 것으로 알려져 있다(Agui *et*

al., 1979). 그러므로 지난 수십년간에 걸쳐 곤충 뇌신경분비세포에 대한 형태학적 연구(Thomsen, 1965; Hsiao and Fraenkel, 1966; Geldiay and Edwards, 1973; Mason, 1973; Schooneveld, 1974; Awasthi, 1975; Lee and Kim, 1982; Panov and Krjutchkova, 1983; Sidhra *et al.*, 1983)와 생리·생화학적 연구(Tager *et al.*, 1976; Duve *et al.*, 1979; Camier, 1980)는 많이 보고된바 있다. 최근에는 곤충신경분비계에 면역세포학적 방법을 도입하여 뇌신경분비세포들의 기능을 형태학적으로 규명하고자 하는 움직임이 뚜렷해지기 시작하였다(Duve and Thorpe, 1981; Benedeczký *et al.*, 1982; El-Salhy *et al.*, 1983; Veenstra *et al.*, 1984; Veenstra and Yanaiharu, 1984; Schooneveld, 1985; Veenstra *et al.*, 1985; Verhaert and De Loof, 1985).

그러나 나비목(Lepidoptera)에서 변태에 따른 뇌신경분비세포의 형태학적 변화에 관한 연구는 *Pericalia ricini*(Singh and Arif, 1983), *Hyphan-*

본 연구는 1988년도 문교부 기초과학 육성 지원비에 의해 수행되었음

tria cunea (Lee et al., 1989) 등 매우 제한된 종에서만 보고되었을 뿐이다.

따라서 저자들은 궁극적으로 곤충 뇌신경분비세포의 기능을 형태학적으로 규명하고자 하는 계획의 일환으로 먼저 최근까지 보고된 바 없는 꿀벌부채명나방의 뇌를 6번태단제에서 광학현미경으로 관찰하여 뇌신경분비세포의 분포, 수, 분비물질 특성등이 변태시기에 따라 변화하는 양상을 추적하였다.

재료 및 방법

재료: 꿀벌부채명나방 성충 암수물 이외에서 채집하여 25~26°C 실내향온실(습도 60~70%)에서 사육하였다. 암컷들은 알을 낳았고 알은 다시 유충으로 변태되었다. 유충은 일정기간 지나면 전용(前蛹)을 거쳐 용(蛹)으로 변태되었고 용은 다시 일정기간이 경과되면 성충으로 변태되었다. 이같이 변태중인 개체들 중에서 후기유충(late larva), 전용(prepupa), 유충직후용(pupa immediately after pupation), 4일용(4-day-old pupa), 성충 2일전용(pupa 2 day before the emergence of adult), 1일성충을 재료로 사용하였다.

방법: 위의 6시기에 해당하는 개체들을 에리히나 칼로 단두회생시켜 두부만을 부황용액에 넣고 12시간 고정하였다. 고정이 끝난 시료들은 12시간 수세후 알코올로 탈수하였다. 파라핀에 포매한 후 회전식 절편기로 5 μm 두께의 연속 절편을 만들어 슬라이드글라스위에 순차적으로 붙였다. paraldehyde-fuchsin(PAF)으로 염색(Ewen, 1962)하기 위하여 먼저 슬라이드글라스위에 있는 파라핀을 제거한 후 증류수에 수화시키고 0.6% KMnO_4 와 0.6% H_2SO_4 동량의 혼합액으로 1분동안 산화시켰다. 증류수로 다시 수세하여 2.5% sodium metabisulfite로 40초동안 표백시킨 후 흐르는 수도물로 5분동안 수세하였다. 다시 증류수에 넣은 다음 70% 알코올을 거쳐 PAF용액(Gabe, 1953)으로 2분간 염색하였다. 96%알코올에서 슬라이드글라스상의 불필요한 PAF를 제거한 후 0.5% HCl 용액으로 신경분비세포의 적정 염색상태

를 분명히하고 탈수하여 봉입한 후 광학현미경으로 관찰하였다.

결 과

꿀벌부채명나방의 후기유충, 전용, 유충 직후용, 4일용, 성충2일전용, 성충의 뇌는 Table 1에 나와 같이 뇌간부(pars intercerebralis), 전뇌측부(lateral region of protocerebrum), 시엄근역부(optic lobe), 중뇌(deutocerebrum), 후뇌(tritocerebrum) 등 5신경핵에 신경분비세포를 포함하였다. 6번태단제에 있는 뇌에서 뇌간부의 신경분비세포(medial neurosecretory cell, MNC)는 전뇌에서 관찰되었고 그 수는 3~7개 이었다. 전뇌측부에서는 용으로부터 성충에 이르기까지 1~5개의 신경분비세포(lateral neurosecretory cell, LNC)가 분포되었다. 시엄근역부 신경핵은 4일용에서만 신경분비세포(optic-lobe neurosecretory cell, ONC)가 관찰되었고 그 수는 1개이었다. 중뇌도 성충에서는 1개의 신경분비세포(deutocerebral neurosecretory cell, DNC)를 포함하였고 후뇌는 후기유충과 성충에서 각각 3개와 1개의 신경분비세포(tritocerebral neurosecretory cell, TNC)를 가졌다.

6번태단제에 있는 뇌의 5신경핵으로부터 세포크기와 분비물질의 특징에 따라 4형의 신경분비세포가 구분될 수 있었다. 제I형의 신경분비세포는 크기가 25 μm 이었고 세포내에 분비물질이 충만되어 있었다. 제II형 신경분비세포는 25 μm 크기이었고 세포내의 분비물질이 과립상으로 분산되어 있었다. 제III형 신경분비세포는 크기가 작고(15 μm) 분비물질이 세포내에 충만되어 있었다. 제IV형 신경분비세포는 15 μm 크기에 세포내의 분비물질이 과립상으로 분산되어 있었다. 이와같은 4형의 신경분비세포가 포함하는 분비물질은 항상 PAF에 사색으로 강하게 염색되었다.

후기유충의 뇌는 뇌간부와 후뇌에 신경분비세포를 포함하였다(Figs. 1, 7, 8, 9). 뇌간부는 제I형 신경분비세포를 4개, 제II형 신경분비세포를 3개 포함하였고 이 세포들은 Figs. 7, 8에 나와 같이 집단을 이루어 존재하였다. 후뇌에서는(Fig. 9) 제

Table 1. The topography, number and secretion specificity of the neurosecretory cells(NC) have been determined in each hemisphere of the six different metamorphic brains from wax moth *Galleria mellonella*.

Stages and nuclei examined	number of NC	morphological characteristics of various NC
1. Late larvae		
pars intercerebralis of protocerebrum:	4,	large(about 25 μ m) and neurosecretion-large(about 25
	3,	μ m) and granule-dispersed cells
tritocerebrum	2,	small(about 15 μ m) and neurosecretion-packed cells
	1,	small(about 15 μ m) and granule-dispersed cell
2. prepupa		
pars intercerebralis of protocerebrum:	3,	large(about 25 μ m) and neurosecretion-large(about 25
	3,	μ m) and granule-dispersed cells
3. pupa immediately after pupation		
pars intercerebralis of protocerebrum:	2,	large(about 25 μ m) and neurosecretion-large(about 25
	3,	μ m) and granule-dispersed cells
n-l lateral region of protocerebrum	1,	
4. 4-day-old pupa		
pars intercerebralis of protocerebrum:	3,	large(about 25 μ m) and neurosecretion-large(about 25
	3,	μ m) and granule-dispersed cells
lateral region of protocerebrum	4,	small(about 15 μ m) and granule-dispersed cells
optic lobe	1,	small(about 15 μ m) and neurosecretion-packed cell
5. pupa 2 day before the emergence of adult		
pars intercerebralis of protocerebrum:	2,	large(about 25 μ m) and neurosecretion-large(about 25
	1,	μ m) and granule-dispersed cells
lateral region of protocerebrum	3,	small(about 15 μ m) and granule-dispersed cell
6. adult		
pars intercerebralis of protocerebrum:	1,	large(about 25 μ m) and neurosecretion-large(about 25
	3,	μ m) and granule-dispersed cells
lateral region of protocerebrum	5,	small(about 15 μ m) and granule-dispersed cells
deutocerebrum	1,	small(about 25 μ m) and granule-dispersed cell
tritocerebrum	1,	small(about 25 μ m) and granule-dispersed cell

III형 신경분비세포 2개와 제IV형 신경분비세포 1개가 관찰되었다.

전용의 뇌에서는 뇌간부에서만 3개의 제I형 신경분비세포와 3개의 제II형 신경분비세포가 관찰되었다(Figs. 2,10). 이 세포들은 Fig. 10에서와 같이 뇌간부의 한 곳에서 집단을 이루고 있었다.

유충직후용의 뇌는 Figs. 3,11 및 12에서와 같이 뇌간부와 전뇌측부에 신경분비세포를 포함하였다. 뇌간부에서는 제I형 신경분비세포 2개와 제II형 신경분비세포 3개가 관찰되었다. 이 세포들은 Fig. 11에서 처럼 특히 한곳에 모여 있었다. 전뇌측부는 제I형 신경분비세포 한개를 포함하였다.

4일용의 뇌에서는 뇌간부, 전뇌측부, 시엽근역부에서 신경분비세포가 관찰되었다(Figs. 4,13).

뇌간부는 제I형 신경분비세포 3개와 제II형 신경분비세포 3개를 포함하였고 이 세포들은 뇌간부에서 비교적 분산되어 있었다. 전뇌측부는 제IV형 신경분비세포 4개를 포함하였고 이 세포들도 비교적 분산되어 있었다. 시엽근역부에서는 제III형 신경분비세포 1개가 관찰되었다.

성충2일전용의 뇌는 뇌간부와 전뇌측부에만 신경분비세포를 포함하고 있었다(Figs. 5,14). 뇌간부에서는 제I형 신경분비세포 2개와 제II형 신경분비세포 1개가 관찰되었다. 이 세포들은 뇌간부에서 분산되어 있었다. 전뇌측부는 제IV형 신경분비세포 3개를 포함하였고 이 세포들은 한 집단으로 밀집되어 있었다.

성체의 뇌는 뇌간부, 전뇌측부, 중뇌, 후뇌에 신경분비세포를 포함하였다(Figs. 6,15,16). 뇌간

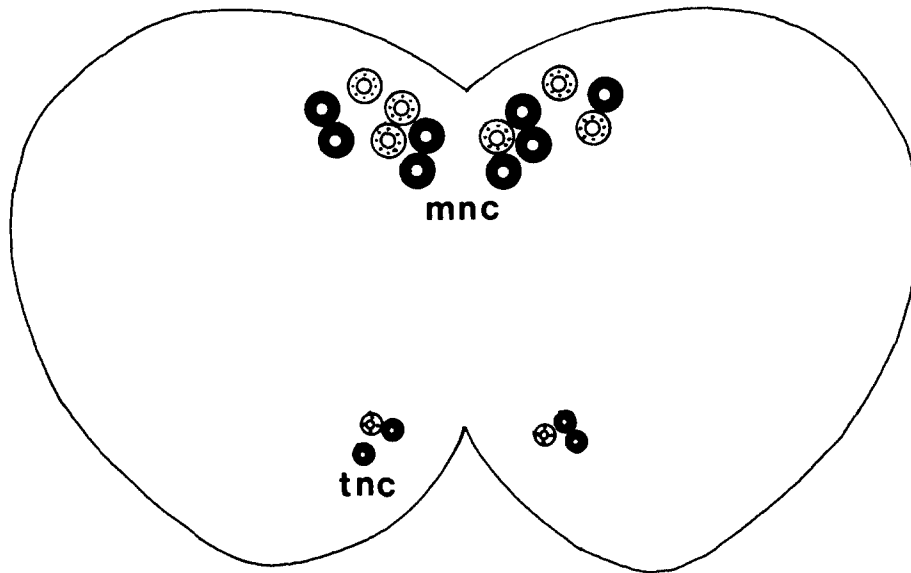


Fig. 1. Schematic representation of the topography, number and secretion specificity of neurosecretory cells in the brain of the late larva. mnc, medial neurosecretory cells; tnc, tritocerebral neurosecretory cells. ○, large (about 25 μ m) and neurosecretion-large (about 25 μ m) and granule-dispersed cell; ⊙, large (about 25 μ m) and granule-dispersed cell; ●, small (about 15 μ m) and granule-dispersed cell; ⊕, small (about 15 μ m) and neurosecretion-packed cell.

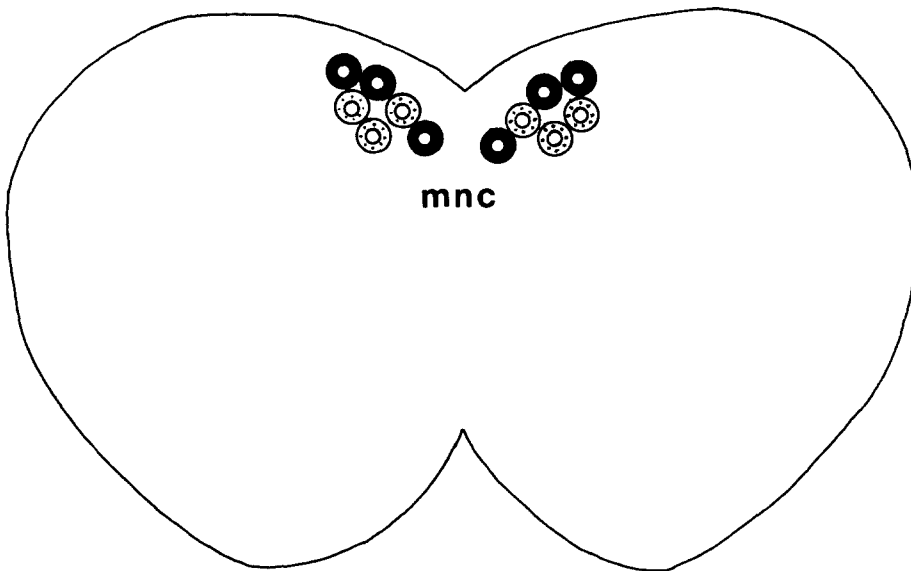


Fig. 2. Schematic representation of the topography, number and secretion specificity of neurosecretory cells in the brain of the prepupa. mnc, medial neurosecretory cells. ⊙, large (about 25 μ m) and neurosecretion-large (about 25 μ m) and granule-dispersed cell; ⊕, large (about 25 μ m) and granule-dispersed cell.

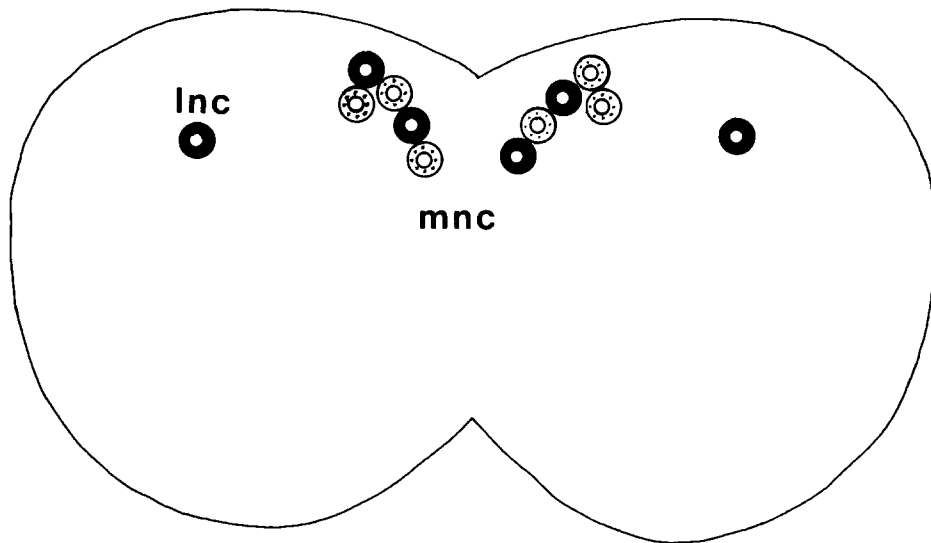


Fig. 3. Schematic representation of the topography, number and secretion specificity of neurosecretory cells in the brain of the pupa immediately after pupation. mnc, medial neurosecretory cell; Inc, lateral neurosecretory cells; ●, large (about 25 μ m) and neurosecretion-large (about 25 μ m) and granule-dispersed cell; ⊙, large (about 25 μ m) and granule-dispersed cell.

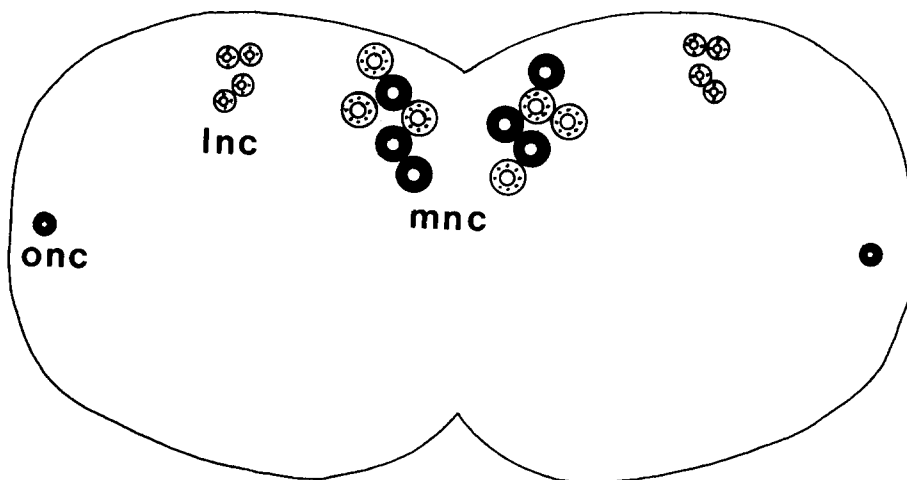


Fig. 4. Schematic representation of the topography, number and secretion specificity of neurosecretory cells in the brain of the 4-day-old pupa. mnc, medial neurosecretory cells; Inc, lateral neurosecretory cells; onc, optic-lobe neurosecretory cells. ●, large (about 25 μ m) and neurosecretion-large (about 25 μ m) and granule-dispersed cell; ⊙, large (about 25 μ m) and granule-dispersed cell; ●, small (about 15 μ m) and granule-dispersed cell; ⊕, small (about 15 μ m) and neurosecretion-packed cell.

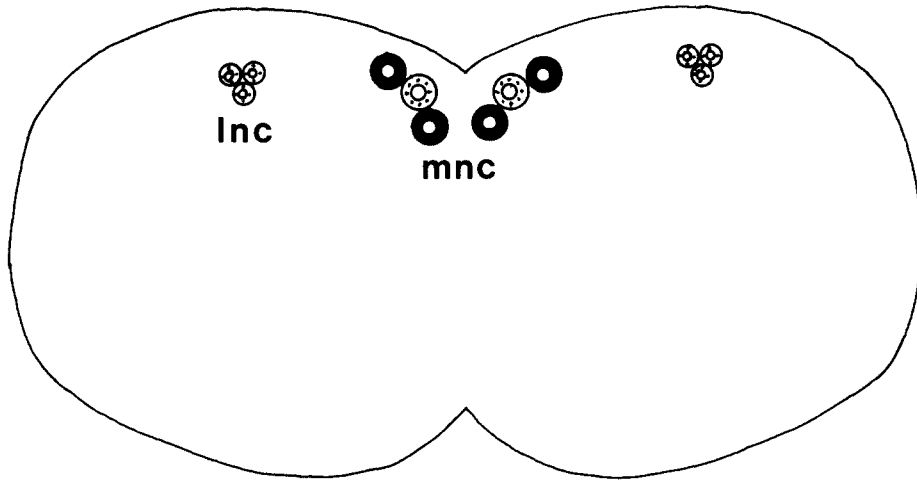


Fig. 5. Schematic representation of the topography, number and secretion specificity of neurosecretory cells in the brain of the pupa 2 day before the emergence of adult. mnc, medial neurosecretory cells; Inc, lateral neurosecretory cells. ●, large (about 25 μ m) and neurosecretion-packed cell; ⊙, large (about 25 μ m) and granule-dispersed cell; ⊕, small (about 15 μ m) and granule-dispersed cell.

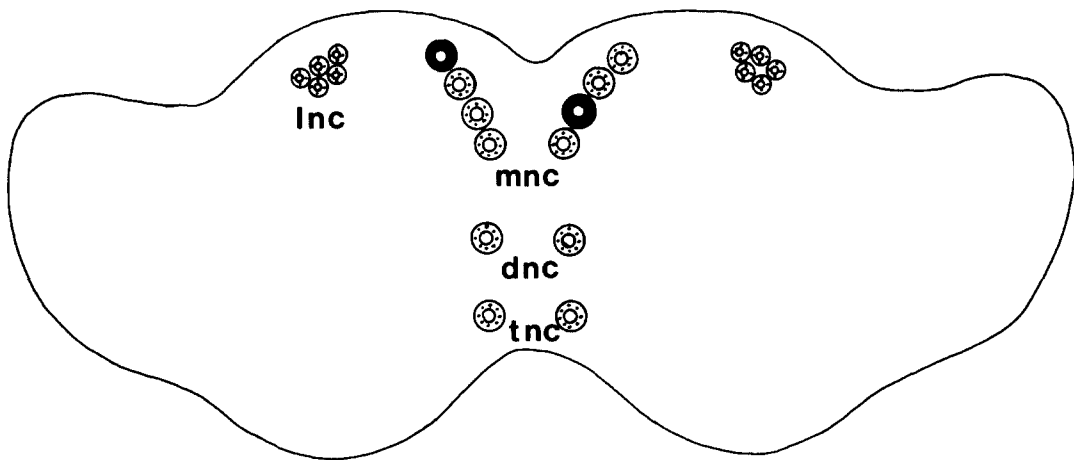


Fig. 6. Schematic representation of the topography, number and secretion specificity of neurosecretory cells in the brain of the adult. mnc, medial neurosecretory cells; Inc, lateral neurosecretory cells; dnc, deutocerebral neurosecretory cells; tnc, tritocerebral neurosecretory cells. ●, large (about 25 μ m) and neurosecretion-large (about 25 μ m) and granule-dispersed cell; ⊙, large (about 25 μ m) and granule-dispersed cell; ⊕, small (about 15 μ m) and granule-dispersed cell.



Fig. 7,8,9. Light micrographs of paraldehyde-fuchsin-positive neurosecretory cells in the brains of the late larva. MNC, medial neurosecretory cells; TNC, tritocerebral neurosecretory cells. $\times 2,950$.

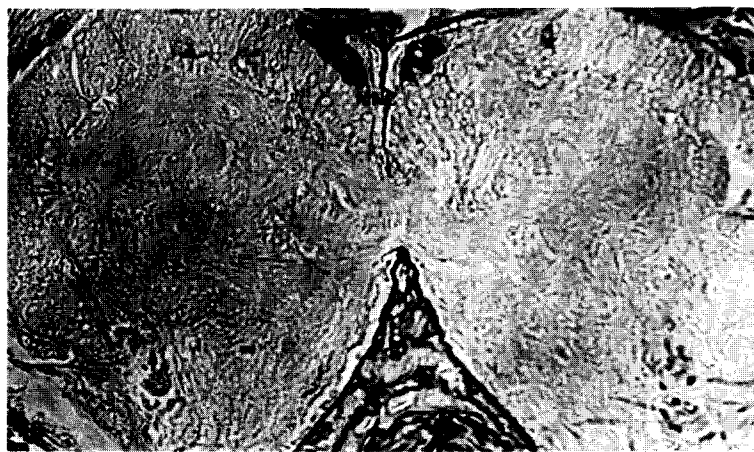


Fig. 10. Light micrograph of paraldehyde-fuchsin-positive neurosecretory cells in the brain of the prepupa. MNC, medial neurosecretory cells. $\times 2,950$.

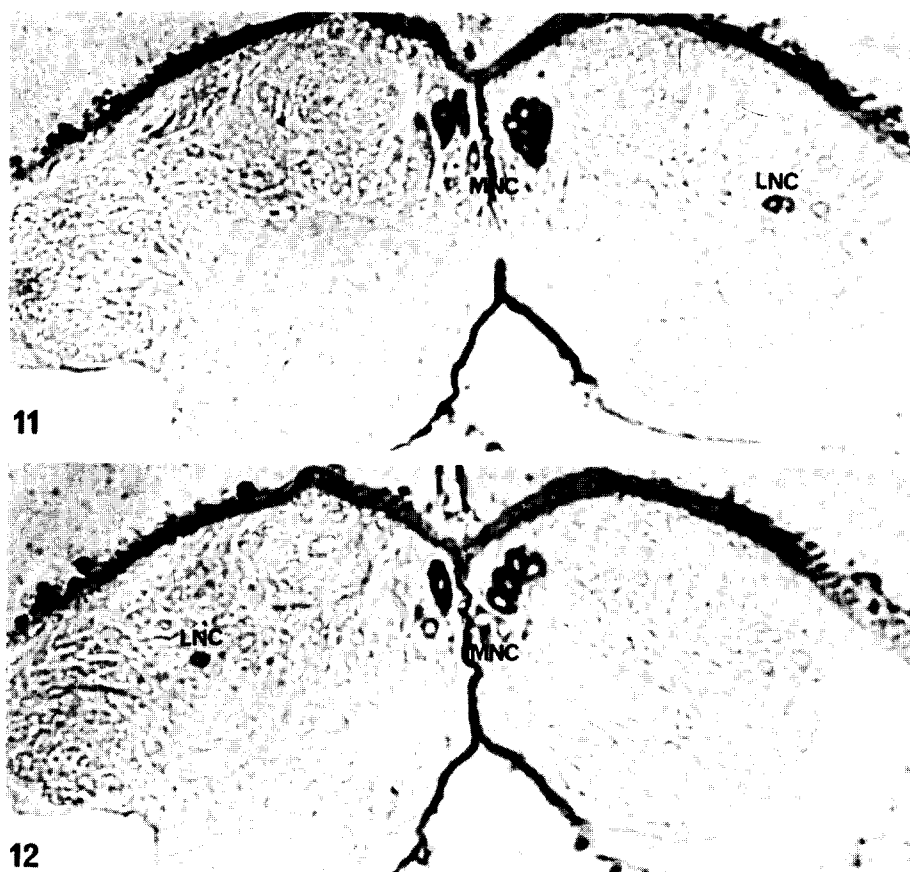


Fig. 11,12. Light micrographs of paraldehyde-fuchsin-positive neurosecretory cells in the brains of the pupa immediately after pupation. MNC, medial neurosecretory cells; LNC, lateral neurosecretory cells. $\times 8,850$.



Fig. 13. Light micrographs of paraldehyde-fuchsin-positive neurosecretory cells in the brains of the 4-day-old pupa. MNC, medial neurosecretory cells; LNC, lateral neurosecretory cells. $\times 2,950$.

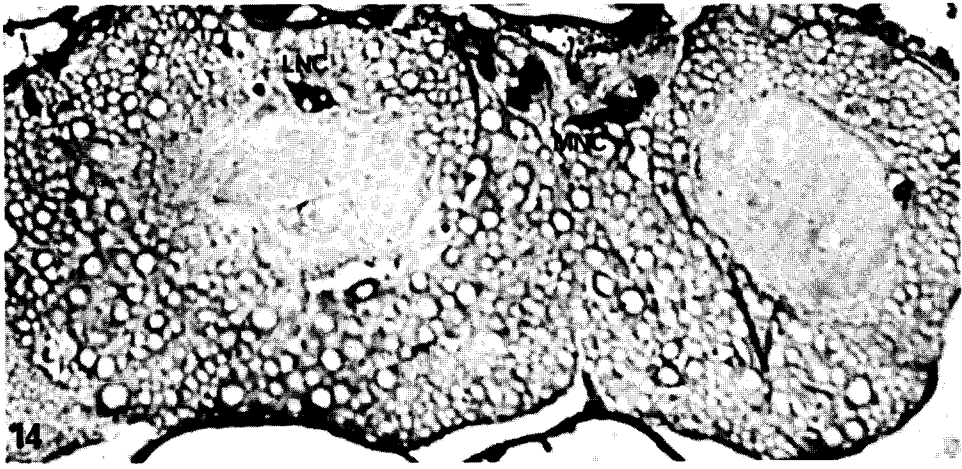


Fig. 14. Light micrograph of paraldehyde-fuchsin-positive neurosecretory cells in the brain of the 2 day before the emergence of adult. MNC, medial neurosecretory cells; LNC, lateral neurosecretory cells. $\times 2,950$

부에서는 제I형 신경분비세포 1개와 제II형 신경분비세포 3개가 관찰되었다. 이 세포들은 Fig. 15에 나타나 있듯이 선상으로 분포되어 있었다. 전뇌측부는 제IV형 신경분비세포 5개를 포함하였고 이 세포들은 Figs. 15,16에서와 같이 한덩어리로 뭉쳐져 있었다. 중뇌와 후뇌에서는 제II형 신경분비세포가 각각 하나씩 관찰되었다. MNC아래에는 MNC나 LNC에서 뻗은 것으로 사료되는 신경섬유내에 PAF에 자색으로 염색되는 분비물질 (arrowheads)들이 밀집되어 있었다.

고 찰

곤충의 신경분비세포는 1955년 Nayar가 *Iphita limbata* 뇌에서 두 종류의 신경분비세포를 보고한 후부터 본격적으로 분류되기 시작하였다. Johansson(1958)은 *Oncopeltus fasciatus*에서 신경분비세포를 PAF로 염색하여 4가지 세포(A,B,C,D)로 구분하였다. Highnam(1961)은 다시 Johansson(1958)의 분류법을 이용하여 *Schistocerca gregaria*에서 PAF로 염색한 뇌신경분비세포를 4가지로 분류하였고, Delphin(1965)은 같은 곤충에서 뇌신경분비세포를 3가지 즉 A-세포

와 두가지 B-세포로 보다 구체적으로 구분하였다. 이와 같은 Delophon(1965)의 분류법에 의거 Hinks(1971)는 나비목 23종에서 8~10가지의 신경분비세포를 동정한 바 있다.

Geldiay와 Edwards(1973)는 *Achetadomestica* 뇌의 뇌간부에서 6가지의 신경분비세포를 구분하여 기존에 사용되던 "A, B, C, D형 세포"라는 호칭 대신에 "I, II, III, IV형 세포"라는 새로운 호칭법을 사용하였다. 그후 Sharma등 (1975)은 *Dysdercus koenigii*에서, Panov와 Davydova(1976)는 Mecoptera와 Neuropteroidea에서, Gieryng(1976)는 Diptera(fly)에서 이같은 호칭법에 따라 신경분비세포를 구분·칭하였다.

Scharrer와 Brown(1962)은 모든 신경분비세포가 분비활성과정에서 형태와 염색성의 변화를 나타내며, 그래서 한신경분비세포가 형태가 달라지고 염색성이 변화할 때 여러가지 형의 세포로 구분되기도 한다고 하였다. 많은 사람들도 이같은 Scharrer와 Brown(1962)의 견해에 지지를 나타내었다(Dogra, 1969; Krishnam and Ramamurty, 1971; Awasthi, 1972; 1973; Tiwari and Srivastava, 1975). 특히 Awasthi(1972)는 *Nexara viridula*의 뇌에서 MNC를 PAF로 염색하여 자색으로 염색되면 A-세포로, 엷은 녹색으로 염색되

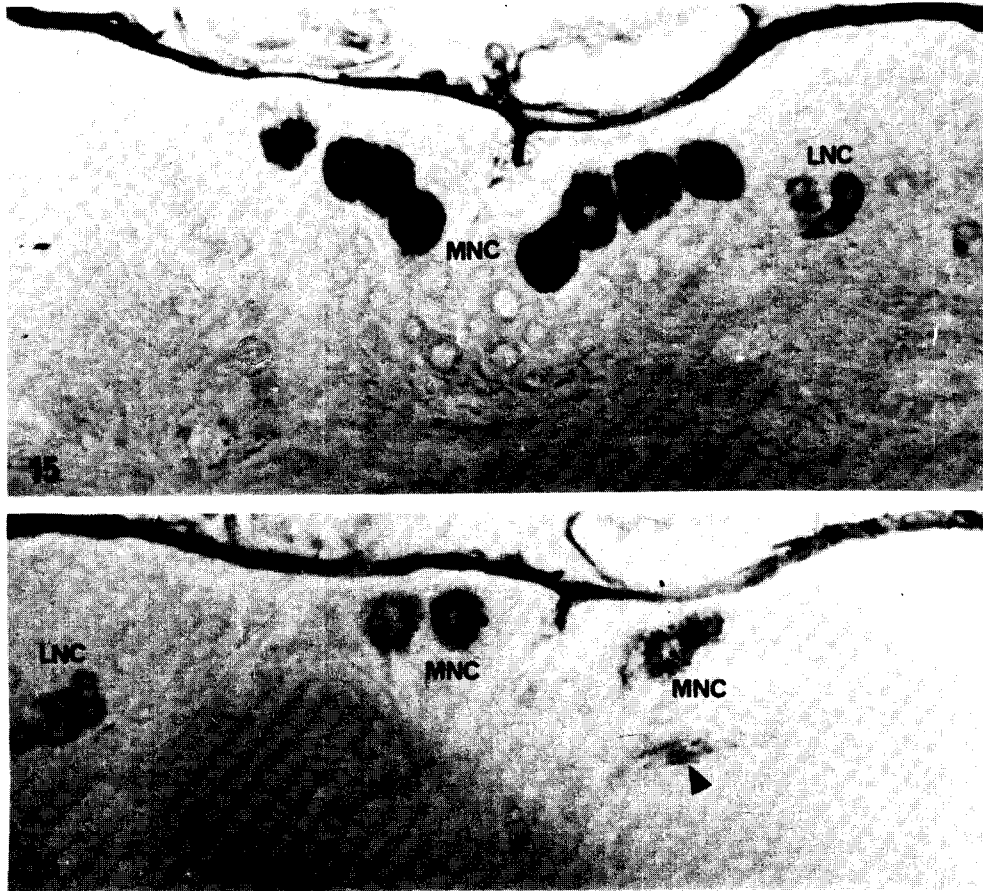


Fig. 15,16. Light micrographs of paraldehyde-fuchsin-positive neurosecretory cells in the brains of the adult. The two arrowheads indicate the neurosecretory inclusions of the nerve fibers which may be projected from LNC or MNC. MNC, medial neurosecretory cells; LNC, lateral neurosecretory cells. $\times 4,000$.

면 B-세포로 구분하고, 이와 같이 같은 한 신경분비세포가 자색 또는 옅은 녹색으로 염색되는 것은 MNC가 활성상태에서 비활성상태로 또는 이반대로의 변화를 하는 과정에서 나타나는 것이라고 설명하였다.

그러나 Singh와 Arif(1983)는 *Pericaliaricini*에서 신경분비세포의 수는 한정되어 있고 그 분포위치도 고정되어 있으며 그 염색정도 변화하는 것을 관찰하지 못했기 때문에 Scharrer와 Brown(1962)의 주장과 달리 Delphin(1965)과 Hinks(1971)의 주장에 지지를 나타내었다. 본 실험에 사용된 꿀벌부채명나방에서도 여러 변태시기의 뇌에서 신

경분비세포의 위치는 비교적 고정되어 있고, 같은 신경분비세포의 염색성은 변태시기와 무관하게 변화하지 않았기 때문에 신경분비세포는 언제나 한 가지 세포로 분류되어야 한다는 Delphin(1965)과 Hinks(1971)의 주장과 일치하였으며 한 신경분비세포는 특정 분비물질만을 분비하는 것으로 추정되었다.

곤충 신경분비세포의 다수성(multiplicity)에 대해서는 Füller(1960), Panov와 Kind(1963), Delphin(1965), Panov와 Davydova(1977)등 많은 사람들에 의해서 보고된 바 있다. Füller(1960)는 *Periplaneta americana* 여러 개체의 식도하신경절

에서, Delphin(1965)은 *Schistocerca gregaria* 여러 개체의 어느 신경절에서 신경분비세포의 수가 개체마다 다른 것을 관찰하였다. Singh과 Arif(1978, 1981)는 *Philosamia ricini*와 *Philosamia ricini* 전용기(前蛹期)부터 성충기전까지는 신경분비세포의 수가 점진적으로 감소한다고 보고하였다. 꿀벌부채명나방에서는 MNC가 후기유충에서는 7개이었으나 성충2일 전용에서는 3개이었으며, LNC도 유충식 후용에서는 1개이었으나 성충에서는 5개로서 변태시기에 따라 신경분비세포의 수가 크게 변화함을 관찰하였다.

신경분비세포의 수의 증가에 대해서 Singh과 Arif(1983)는 두 측면에서 추측한 바 있다. 첫째는 기존의 신경분비세포가 유사분열해서 수를 증가시키거나 둘째는 뇌나 신경절의 신경아세포(neuroblast)나 신경원이 새로운 신경분비세포로 전환하므로써 증가된다고 하였다. Panov와 Davydova(1977)도 *Panorpa communis*와 *Panorpa cognata* 용기(蛹期)에 뇌간부 B-세포의 수가 증가함을 보고하고 이같은 B-세포의 증가는 뇌간부의 신경아세포 유사분열때문이라고 주장한 바 있다. 그러나 곤충에서 유충발생후 신경분비세포가 수적으로 증가하는 현상에 대해서는 앞으로 더 많은 연구가 있어야 할 것으로 사료된다.

곤충에서 LNC가 부재하는 것도 있으나(Krishnamdam and Ramamurty, 1971 in *Pyrilla porpusilla*; Singh and Arif, 1981 in *Poecilocus pictus*) 많은 곤충에서는 존재한다고 보고되었다. LNC의 기능은 *Dysdercus koenigii*(Sharma et al., 1975)와 *Philosamia ricini*(Singh and Arif, 1978) 연구에서 곤충의 교미 및 산란과 밀접히 관련되어 있는 것으로 보고되었다.

TNC도 많은 사람들에 의해서 보고되었고(Dupont-Raabe, 1956; Saini, 1971; Singh and Arif, 1978) 그 기능에 대해서도 Dupont-Raabe(1956)는 곤충의 색변화를 조절하는 세포라고 언급한 바 있다. *Orthetrum chrysis*(Tembhare and Thakare, 1976)에서 후뇌에 있는 B-세포와 C-세포로 구성된 신경분비세포들이 존재한다고 보고되었으나 *Dysdercus koenigii*(Sharma et al., 1975)에서는 TNC가 보이지 않았다.

ONC에 대해서는 *Dysdercus koenigii*(Dogra, 1967) 168개체중 한 개체에서만 두 세포가 보고되었으며 이 두세포도 뇌 한쪽에만 존재하였다. 그 후 많은 곤충에서(*Chrysomia megacephal* by Naskar and Nanda, 1976; *Orthetrum chrysis* by Tembhare and Thakare, 1976; *Pericalia ricini* by Singh and Arif, 1983) ONC가 보고되었다. Beattie(1971)는 곤충 ONC가 광이나 광주기의 변화에 따라 반응하는 세포인지도 모른다고 하였고 Prasad와 Srivastava(1978)는 ONC가 충추신경계내의 다른 신경분비세포와 그 기능이 다르다고 주장한바도 있다. 그러나 ONC에 대해서는 형태학적, 생리학적 측면에서 앞으로 더 연구되어져야 할 것으로 기대된다.

引用文獻

- Agui, N., N. A. Granger, L. I. Gilbert, and W. E. Bollenbacher, 1979. Cellular localization of the insect prothoracicotropic hormone: *In vitro* assay of a single neurosecretory cell. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **76**:5694-5698.
- Awasthi, V. B., 1972. Studies on the neurosecretory systems and retrocerebral endocrine glands of *Nezara viridula* Linn. (Heteroptera: Pentatomidae). *J. Morphol.* **136**:337-352.
- Awasthi, V. B., 1973. Neurosecretory system and retrocerebral endocrine glands of *Metochus uniguttatus* Thunb. (Heteroptera: Lygaeidae). *Int. J. Insect Morphol. Embryol.* **2**:1-12.
- 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**:1713-1719.
- Beattie, T. M., 1971. Histology, histochemistry and ultrastructure of the neurosecretory cells in the optic lobes of the cockroach, *Periplaneta americana*. *J. Insect Physiol.* **17**:1843-1855.
- Benedeczky, L., J. Z. Kiss, and P. Somogyi, 1982. Light and electron microscopic localization of substance P-like immunoreactivity in the cerebral ganglion of locust with a monoclonal antibody. *Histochemistry* **75**:123-131.
- Bishop, C. A., M. O'Shea, and R. J. Miller, 1981. Neuropeptide proctolin: Immunological detection and neuronal localization in insect central nervous system. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **78**:5899-5902.
- Camier, M., J. Girardie, C. Remy, A. Girardie, and P.

- Cohen, 1980. Identification of immunoreactive neurophysin-like proteins in the central nervous system of an insect: *Locusta migratoria*. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **93**:792-796.
- Carrow, G. C., R. L. Calabrese, and C. M. Williams, 1981. Spontaneous and evoked release of prothoracicotropin from multiple neurohaemal organs of the tobacco hornworm. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **78**:5860-5866.
- Delphin, F., 1965. The histology and possible functions of the neurosecretory cells in the ventral ganglia of *Schistocerca gregaria* Forsk. *Trans. Roy. Entomol. Soc. London* **117**:167-214.
- Dogra, G. S., 1967. Studies on the neurosecretory system and the functional significance of neurosecretory material in the aortal wall of the bug. *Dysdercus koenigii*. *J. Insect Physiol.* **13**:1895-1906.
- Dogra, G. S., 1969. Studies *in situ* on the neuroendocrine system of the gnat water bug, *Belostoma indica* (Lep. and Ser.) (Heteroptera: Belostomatidae). *Acta anat.* **72**:429-445.
- Dupont-Raabe, M., 1956. Les mecanismes de l'adaptation chromatique chez les Insectes. *Ann. Biol.* **32**:217-230.
- Duve, H., A. Thorpe, and N. R. Lazarus, 1979. Isolation of material displaying insulin-like immunological and biological activity from the brain of the blowfly *Calliphora vomitoria*. *Biochem. J.* **184**:221-227.
- Duve, H. and A. Thorpe, 1981. Gastrin/cholecystokinin(CCK)-like immunoreactive neurones in the brain of the blowfly, *Calliphora erythrocephala*(Diptera). *Gen. Comp. Endocrinol.* **43**:381-391.
- El-Salhy, M., S. Falkmer, K. J. Kramer, and R. D. Speirs, 1983. Immunohistochemical investigations of neuropeptides in the brain, corpora cardiaca, and corpora allata of an adult lepidopteran insect, *Manduca sexta* (L.). *Cell Tissue Res.* **232**:295-317.
- Ewen, A. B., 1962. An improved aldehyde fuchsin staining technique for neurosecretory products in insects. *Trans. Amer. Microsc. Soc.* **81**:94-96.
- Füller, H. B., 1960. Morphologische und experimentelle Untersuchungen über die neurosekretorischen Verhältnisse im Zentralnervensystem von Blattiden und Culiciden. *Zool. Jb. (Physiol.)* **69**:223-250.
- Gabe, M., 1953. Quelques acquisitions recentes sur les glands endocrines des arthropodes. *Experientia* **9**:352-356.
- Geldiay, S. and J. S. Edwards, 1973. The protocerebral neurosecretory system and associated cerebral neurohemal area. *Z. Zellforsch.* **145**:1-22.
- Giering, R., 1976. Studies on neurosecretory cells in the brain of flies(Diptera). *Zool. Anz.* **197**:300-312.
- Goldworthy, G. J. and W. Mordue, 1974. Neurosecretory hormones in insects. *J. Endocrinol.* **60**:529-558.
- Highnam, K. C., 1961. The histology of the neurosecretory system of the adult female locust *Schistocerca gregaria*. *Quart. J. Microsc. Sci.* **102**:27-38.
- Hinks, C. F., 1971. Histochemical analysis of the neurosecretory cells in the adult brain of *Triphaena pronuba*(Lepidoptera: Noctuidae). *Can. Entomol.* **103**:1639-1648.
- Hsiao, C. and G. Fraenkel, 1966. Neurosecretory cells in the central nervous system of the adult blowfly *Phormia regina* Meigen(Diptera: Calliphoridae). *J. Morph.* **119**:21-38.
- Johansson, A. S., 1958. Relation of nutrition to endocrine reproductive functions in the milk weed bug, *Oncopeltus fasciatus* Dallas(Heteroptera: Lygaeidae). *Myatt. Mag. Zool.* **7**:5-132.
- Krishnanandam, Y. and P. S. Ramamurty, 1971. A correlative study of the neuroendocrine organs and oocyte maturation in *Pyrilla perpusilla* Walker(Fulgoroidea: Homoptera). *Z. mikrosk. anat. Forsch.* **84**:257-285.
- Lee, B. H. and W. K. Kim, 1982. Ultrastructure of nerve cells in the pars intercerebralis of cabbage butterfly *Pieris rapae* L. *Kor. J. Elect. Micro.* **12**:55-68.
- Lee, B. H., S. H. Kang, C. S. Kim and W. K. Kim, 1989. Morphological evidence on cephalic neurosecretory cells in metamorphosing *Hyphantria cunea*. *Korean J. Ent.* **19**: in press.
- Maddrell, S. H. P. 1974. Neurosecretion. In: *Insect Neurobiology*. J. E. Treheme(ed.). Amsterdam, North Holland, pp. 307-357.
- Maddrell, S. H. P. and J. D. Gee, 1974. Potassium-induced release of the diuretic hormones of *Rhodnius prolixus* and *Glossina austeni*: Ca dependence, time course and localization neurohaemal axons. *J. Exp. Biol.* **61**:155-172.
- Mason, C. A., 1973. New features of the brain retrocerebral neuroendocrine complex of the locust *Schistocerca vaga*(Scudder). *Z. Zellforsch.* **141**:19-32.
- Naskar, S. and D. K. Nanda, 1976. Neurosecretory neurons in the suboesophageal ganglion of the adult *Chrysomia megacephala* Fabr. (Diptera: Calliphoridae). *Zool. Beitr.* **22**:337-344.
- Nayar, K. K., 1955. Studies on the neurosecretory system of *Iphita limbata*. Stal. I. Distribution and structure of the neurosecretory cells of the nerve ring. *Biol. Bull.* **108**:296-307.
- O'Shea, M. and M. Adams, 1981. Pentapeptide(proctolin) associated with an identified neuron. *Science.* **213**:567-569.
- Panov, A. A. and T. V. Kind, 1963. The histology of the neurosecretory cells system in the Lepidopteran brain. *Dokl. Akad. Nauk. USSR* **153**:1186-1189.

- Panov, A. A. and E. D. Davydova, 1976. Medial neurosecretory cells in the brain of Mecoptera and Neuropteroidea. *Zool. Anz.* **197**:187-206.
- Panov, A. A. and E. D. Davydova, 1977. Medial brain neurosecretory cells and the retrocerebral endocrine complex of scorpion flies (Mecoptera: Insecta). *Zh. Obschch. Biol.* **38**:79-87.
- Panov, A. A. and E. E. Krjutchkova, 1983. The cerebral neurosecretory cells of Cicadas (Homoptera: Cicadidae). *J. Himforsch.* **24**:141-148.
- Prasad, O. and U.S. Srivastava, 1978. Optic lobe neurosecretory cells of *Poecilicerus pictus* (Acrididae: Orthoptera) and the effect of visual stimulations on these. *Nat. Acad. Sci. Letters* **1**:272-273.
- Remy, C. and M. P. DuBois. 1981. Immunohistological evidence of methionine enkephalin-like material in the brain of the migratory locust. *Cell Tissue Res.* **218**:271-278.
- Riddiford, L. M., 1980. Insect endocrinology: Action of hormones at the cellular level. *Annu. Rev. Physiol.*, **42**:511-528.
- Saini, R. S., 1971. Neuroendocrine control of oocyte development in *Poecilicerus pictus* (Insecta: Orthoptera). *J. Zool. London* **165**:275-283.
- Scharrer, E. and S. Brown, 1962. Electron microscopic studies on neurosecretory cells in *Lumbricus terrestris*. *Mem. Soc. Endocrinol.* **12**:103-108.
- Schooneveld, H., 1974. Ultrastructure of the neurosecretory system of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). I. Characterization of the protocerebral neurosecretory cells. *Cell Tissue Res.* **154**:275-288.
- Sharma, U., S. L. Sahni and D. P. Sinha, 1975. Studies on *Dysdercus koenigii*. 2. Cerebral neurosecretory cells of the nymphs and the adult and phases of their secretory activity. *Proc. Nat. Acad. Sci. India* **45(B)**:45-52.
- Sdhra, D. V., V. K. Thakare, and D. B. Tembhare, 1983. The cephalic neuroendocrine system of the beetle, *Mylobris pustulata* (Thunb) (Meloidae: Coleoptera). *J. Himforsch.* **24**:71-78.
- Singh, Y. N. and M. Arif, 1978. Studies on the morphology and secretory activities of the neurosecretory cells of the brain in *Philosamia ricini* Hutt. (Lepidoptera: Saturniidae) during post-embryonic development. *Zool. Jd. (Anat.)* **100**:217-229.
- Singh, Y. N. and M. Arif, 1981. Morphology and secretory activities of the brain and ventral nerve cord neurosecretory cells during the post-embryonic development of *Poecilicerus pictus* Fadr. (Acridoidea: Pyrgomorphidae). *Arch. Biol. (Bruxelles)* **92**:21-23.
- Singh, Y. N. and M. Arif, 1983. Metamorphic changes in the cephalic neurosecretory cells and the retrocerebral neuroendocrine complex of *Pericalia ricini* Fabricius- (Lepidoptera: Arctidae). *J. Himforsch.* **24**:189-200.
- Tager, H. S., J. Markese, K. J. Kramer, R. D. Speirs, and C. N. Childs, 1976. Glucagon-like and insulin-like hormones of the insect neurosecretory system. *Biochem. J.* **156**:515-520.
- Tembhare, D. P. and V. K. Thakare, 1976. The cephalic neuroendocrine system of the dragonfly *Orthetrum chrysis* (Selys.) (Anisoptera: Libellulidae). *Odontologica* **5**:355-380.
- Tiwari, R. K. and K. P. Srivastava, 1975. Studies on the neurosecretory system and retrocerebral endocrine organs in the red cotton bug, *Dysdercus koenigii* Fabr. (Heteroptera: Pyrrhocoridae). *Z. Morphol. Tiere* **81**:355-364.
- Veenstra, J. A., H. M. Romberg-Privee, and H. Schooneveld, 1984. Immunocytochemical localization of peptidergic cells in the neuro-endocrine system of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, with antisera against vasopressin, vasotocin and oxytocin. *Histochemistry* **81**:29-34.
- Veenstra, J. A. and N. Yanaihara, 1984. Immunocytochemical localization of gastrin-releasing peptide/bombesin-like immunoreactive neurons in insects. *Histochemistry* **81**:133-138.
- Veenstra, J. A., H. M. Romberg-Privee, H. Schooneveld, and J. M. Polak, 1985. Immunocytochemical localization of peptidergic neurons and neurosecretory cells in the neuro-endocrine system of the Colorado potato beetle with antisera to vertebrate regulatory peptides. *Histochemistry* **82**:9-18.
- Verhaert, P. and A. De Loof, 1985. Substance P-like immunoreactivity in the central nervous system of the blattarian insect *Periplaneta americana* L. revealed by a monoclonal antibody. *Histochemistry* **83**:501-507.

(Accepted February 16, 1989)

Metamorphic Changes of the Neurosecretory Cells in the Brains of Wax Moth *Galleria mellonella* during Metamorphosis

Bong-Hee Lee*, Sung-Hwun Kang, Min-Yung Kim*, and Woo-Kap Kim(*Department of Biology, Soonchunhyang University., Onyang 336-600, Korea Department of Biology, Korea University., Seoul 136-701, Korea)

The paraidehyde-fuchsin(PAE)-positive neurosecretory cells in the brains of wax moth *Galleria mellonella* have been morphologically examined at the six different metamorphic stages.

During the metamorphosis, neurosecretory cells in the brain can be found in the five uncles of pars intercerebralis, lateral region of protocerebrum, optic lobe, deutocerebrum and tritocerebrum. The five nuelei include one to seven neurosecretory cells.

On the bases of cell sizes and histochemical specificities of neurosecretion within cells, all the PAF-positive neurosecretory cells included in the six different metamorphic brains can be recognized as four species of neurosecretory cells as follows; (1) large (about 25 μ m), neurosecretion-parcked cell (type I neurosecretory cell), (2) large, granule-dispersed cell (type II neurosecretory cell), (3) small (about 15 μ m), neurosecretion-packed cell (type III neurosecretory cell), and (4) small, granule-dispersed cell (type IV neurose-cretory cell).

The three to seven medial neurosecretory cells are included in the pars intercerebralis of the six different metamorphic brains. With the increase of days from the late larva to the adult the type I cells of medial neurosecretory cells gradually decrease in number, but the respective three type II neurosecretory cells appear in the five different metamorphic brains except in pupa 2 day before the emeregnce of the adult which has only one type II. The one to five lateral neurosecretory cells are observed in the lateral region of protocerebrum from thepupa just after pupation to the adult. The type IV neurosecretory cells are the most in number of lateral neurosecretory cells. The one type I neurosecretory cells are included near the optic lobe of only the 4-day-old pupa. the one deutocerebral neurosecretory cell, type II, appears only in the adult. The tritocerebrum includes both three neurosecretory cells in the late larva and one neuresecretory cell in the adult. In the late larva the two tritocerebral neurosecretory cells are type III neurosecretory cell and the one is type IV. The remaining one tritocerebral neurosecretory cell is type IV.