

바퀴의 중장 상피조직내에 있는 분비과립세포

류재혁* · 김우갑** · 김창환**

(*인하대 생물학과, **고려대 생물학과)

Secretary Granul Cells in the Midgut Epithelium of the *Blattella germanica* L.

Yu, Chai-Hyeock*. Woo-Kap Kim**. Chang-Whan Kim**

(*Dept. of Biology, Inha Univ., **Dept. of Biology, Korea Univ.)

Abstract

The secretory granul cells in the midgut epithelium of *Blattella germanica* L. were observed by the electron microscope.

These secretory granul cells contain many electron dense granules, and granules are about 200Å in diameter respectively. It is easy to distinguish 3 different types of granul cells based on their shapes, location, and staining intensity: 1) The light secretory granul cells and their nucleus are both round form and a number of mitochondria, vacuoles, and other cell organelles appear in the cytoplasm. 2) The other kind of light secretory granul cells are small and oval form but cell organelles are not well developed in the cytoplasm. This granul cell is surrounded by a few regenerative cells ("nidi"). 3) Dark secretory granul cells are cone shaped, well stained, and endoplasmic reticulum, ribosomes, and a lot of secretory granules are found in the cytoplasm. They are all located in the basal portion of the midgut epithelium.

서 론

곤충의 소화기관은 전장, 중장 그리고 후장등 3부분으로 대별한다. 전장은 섭취한 먹이를 분쇄하고 이들을 salivary gland에서 분비한 소화효소와 혼합하며, 저장하였다가 먹이의 양을 일정하게 중장으로 보내는 역할을 한다(Davey & Treherne, 1963a,b; Jones & Zeve, 1968). 후장에서는 물과 이온의 흡수작용을 하며 배설물을 고형의 상태로 만드는 역할을 한다(Gupta & Berridge, 1966; Berridge & Gupta, 1967, 1968; Oschman & Wall, 1969). 한편 중장에서는 소화와 흡수 두 가지 작용을 행하기 때문에 소화효소를 분비하여 섭취한 물질을 분해시키고, 필요한 영양물질을 흡수하여 hemolymph로 이동시키는 기능을 가지고 있어서 중장의 상피세포들은 각 기능에 따라 특유한 형태로 분화되어 있다(Chapman, 1969; Smith et al., 1969).

일반적으로 곤충의 소화기관은 고등동물의 것과는 달리 종에 따라 섭취방법과 섭식물의 종류가 다르기 때문에 각기 특유한 구조를 가지며, 한종이라 할지라도 발생단계 즉 변태과정에 따라 장의 형태에 커다란 변화를 가져온다(Priester, 1972; Akai, 1978; Yu et al., 1980). Judy & Gilbert(1970a)는 나방의 일종인 *Hyalophora cecropia* L.의 변태기에 따른 소화기관의 형태적 변화를 상세히 관찰하였고, Kotayashi(1978), Waku & Sumimoto(1971)는 변태기에 따른 *Bombyx mori*의 중장 상피세포의 변화과정을 각 단계별로 관찰 보고한 바 있다. 그리고 중장 상피세포의 미세구조(Anderson & Harvey, 1966; Hecker et al., 1971a, b; Priester, 1971)와 아울러 곤충의 성장 변태에 따라 장의 형태적 변화를 가져오게 하는 hormones의 화학적 성질(Judy & Gilbert, 1970b)과 소화와 흡수에 관여하는 생리적 기작들에 대해 여러방법의 연구가 진행되었다(Wigglesworth, 1965; Akai, 1969; Smith et al., 1969; Pru-

sch, 1978). 한편 Kim et al.(1976)은 바퀴의 중장 상피세포의 미세구조와 아울러 boric acid투여에 의한 상피세포들의 변화에 대하여 관찰보고 한 바 있다.

본 연구는 바퀴의 중장 상피세포의 구조를 관찰하던 중 세포질내에 secretory granules을 가지고 있는 분비과립세포가 관찰되어 이들의 구조에 대하여 보고하는 바이다.

재료 및 방법

바퀴(*Blattella germanica* L.)를 인공 혼합먹이(Shin et al., 1973)을 주어 25±2°C(RH 75±5%)상태의 실내에서 사육하여 그 중 성체 암컷을 실험의 재료로 이용하였다.

해부현미경 하에서 중장만을 적출하여 2.5% glutaraldehyde (0.1M phosphate buffer, pH 7.2)고정액에 4°C상태로 2시간 동안 전고정한 후, 1% osmium tetroxide(0.1M phosphate buffer)에 2시간 동안 후고정 하였다. ethanol과 acetone에 의한 탈수방법을 이용하였으며 Epon 812혼합액에 포매하여 약 200~500Å의 초박절편을 만들어 uranyl acetate와 lead citrate에 2중 염색을 하여 Hitachi HS-7S(50KV) 전자현미경으로 관찰하였다.

결 과

바퀴의 중장 상피는 물질의 흡수 기작을 행하는 columnar cell, 분열능력을 가지고 있는 regenerative cell 그리고 분비물을 분비하는 secretory cell 등 3가지 형태의 상피세포로 구성되어 있음을 볼 수 있다(Fig. 1).

원주상 세포의 유리연은 원형질막이 규칙적인 미세용모로 변형되어 "striated border"를 형성하고 있으며, 기저쪽의 원형질막은 심하게 infolding되어 있으며 그 사이에는 많은 mitochondria가 산재해 있는 것을 관찰할 수 있다. 재생세포들은 입방형으로써 5~7개의 세포들이 집단("nidi")을 이루어 기저쪽에 위치하고 있으며 장 내강에 직접 접하고 있는 세포는 없다. 이 재생세포들은 핵의 크기에 비해 작지만 세포질은 원주상 세포에 비해서 전자 밀도가 높은 물질로 차여져 있어서 세포가 진하게 염색되어 관찰된다(Fig. 4).

분비세포는 전자밀도가 높고 막성체가 뚜렷하며 직경이 약 200Å 크기의 분비과립을 가지고 있고 이 세포들은 모두 상피조직의 기저막상에 밀착되어 있으며 그 위치와 형태 그리고 세포질의 염색성에 따라 3가지 types으로 구분할 수 있다. type-I은 세포와 핵이 구형으로써 단독으로 기저부에 존재하며 세포질에는 많은 수의 mitochondria, vacuoles등이 관찰되며 세포

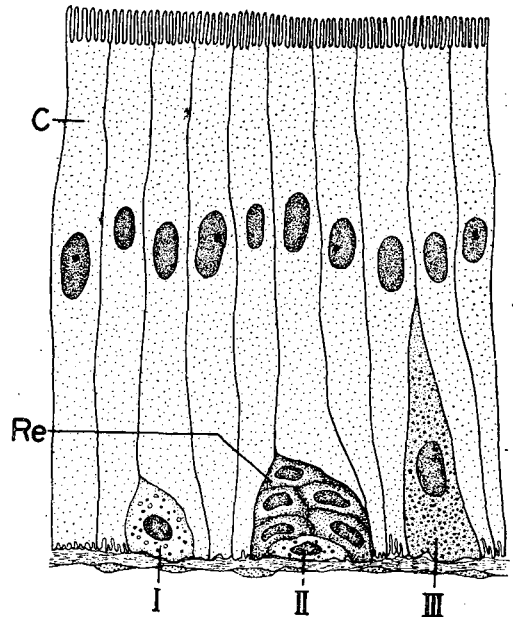


Fig.1. Diagram of the midgut epithelial cells of the *Blattella germanica* L.; type-I, II, light secretory granule cell; type-III, dark secretory granule cell; C, columnar cells; Re, regenerative cells.

기질은 전자 밀도가 낮아 밝게 보이는 light secretory granule cell이다(Fig. 2).

type-II는 regenerative cells 집단의 기저부에 있는 경우(Fig. 3)와 옆에 밀착되어 있는 경우가(Fig. 4) 있는데 이들의 세포와 핵은 타원형이며 다른 세포에 비해 크기가 상당히 작다. 세포질에는 다른 세포 소기관들이 발달하지 않았고, 분비과립도 적게 들어 있으며 세포질은 전자 밀도가 낮아 밝게 보이는 light secretory granule cell이다. 그리고 type-III는 columnar cells와 같이 긴 원주형이며 핵은 타원형이며 크고 상당히 많은 secretory granules을 가지고 있으며 mitochondria나 vacuoles등과 같은 다른 세포 소기관은 발달하지 않은 반면 endoplasmic reticulum, ribosomes 등이 풍부하며, 세포기질이 다른 세포에 비해 전자 밀도가 높은 dark secretory granule cell이다(Fig. 5).

고 찰

바퀴는 불완전 변태를 하는 곤충으로써, 곤충의 전형적인 소화기관계 구조를 하고 있으며(Snodgrass, 1935), 중장의 길이는 약 7~9mm(우)정도이다. 중장 상피를 이루는 세포들을 원주상 세포, 분비세포, 그리고 재생세포등 3종류로 구별할 수 있다.

물질의 흡수 기능을 수행하는 원주상 세포의 길이는

약 60~80 μ 정도이며, 소화된 물질의 흡수를 촉진하기 위한 형태로써 유리연이 microvilli로 변형되어 있으며 이 미세융모와 장 내강 사이에는 peritrophic membrane이 중장의 전 내면을 덮고 있다. 이 peritrophic membrane은 망상구조를 하고 있으며 분해되지 않은 고형의 물질이 미세융모에 닿아 손상 시키는 것을 막아 주며, 먹이가 gastric caeca로 흘러들어가는 것을 막아주는 역할을 하는 것이다(Richards & Richards, 1977). 원주상 세포의 기저쪽의 원형질막은 심하게 infolding되어 있으며 그 사이에는 상당히 많은 mitochondria가 산재해 있는 것을 관찰할 수 있다(Fig. 3, 5). 이에 대하여서는 Anderson & Harvey(1966), Smith et al.(1969), 그리고 Priester(1971)등도 보고한 바 있지만 이와 같이 기저쪽의 원형질막이 함입되어 있는 것은 세포 내 물질을 hemolymph로 이동시키는 active transport에 필요한 energy를 공급하기 위한 임을 관찰할 수 있다.

곤충에 따라서는 단세포성 분비세포인 goblet cell이 있는 것과 없는 것이 있는데 이것은 섭식방법과 성장 과정에 따라 차이가 있는 것 같다. Akai(1978), Kobayashi(1978)등은 *Bombyx mori*의 중장 상피조직에서 goblet cell이 잘 발달한 것으로 보고한 바와 같이 Lepidoptera와 같은 종류들은 유충시기에 상당량의 먹이를 일시적으로 섭취해야 되기 때문에 동시에 다량의 소화효소가 필요하게 되므로 특수하게 분화된 goblet cell이 발달한 것이다. 그러나 바퀴와 같이 불완전 변태를 하면서 어린 유충시기 부터 성체에 이르기 까지 조금씩 계속적으로 먹이를 섭취하는 종류에 있어서는 일시적으로 다량의 효소를 필요로 하지 않기 때문에 분비세포로 특수화된 goblet cell은 관찰되지 않았고 단지 원주상상피세포 사이에 secretory granules을 가진 세포가 존재함으로써 효소의 분비기능을 수행하는 것으로 보인다. 한편 원주상상피세포질내에서 glycogen granules (dia., 100~150Å)와 triglycerides(dia., 850Å) 등과 같은 과립물질들이 관찰되는데, 이들 과립들은 그 크기와 막성질의 유무에 따라 secretory granules와 구별할 수 있으며 또 특별한 staining methods를 이용하여 과립의 종류를 식별할 수 있다.

상피조직의 기저쪽에 5~7개 정도의 세포들이 집단을 이루고 있는 regenerative cells은 대개 입방형 내지 타원형의 세포들로써 전자 밀도가 상당히 높은 세포질로 구성되어 있고, 원주상 세포에 비해 크기가 작은 편이다. 이들 재생세포들은 분열능력을 가지고 있어서 원주상 세포를 계속 보충해 주는 역할을 하고 있다.

요 약

바퀴(*Blattella germanica* L.)의 중장 상피내에 있는 분비과립세포를 전자현미경으로 관찰하였다.

직경이 약 200Å크기의 분비과립을 가지고 있는 secretory granul cell은 그 형태와 위치 그리고 세포질의 염색성에 따라 3가지 types으로 구별할 수 있다. 1) 세포와 핵의 형태가 구형이면서 세포질 내에는 mitochondria, vacuoles등 세포 소기관 풍부한 light secretory granul cell, 2) 세포는 작고 타원형이며 세포질 내에는 세포 소기관들이 발달하지 않았으며, 재생세포 집단의 기부에 위치하는 light secretory granular cell, 3) 세포는 원주형이면서 세포질 내에는 endoplasmic reticulum, ribosomes등이 풍부하며 많은 수의 분비과립을 가지며, 세포질은 짙은 염색성을 나타내는 dark secretory granul cell등인데 이들은 모두 상피조직의 기저막상에 밀착되어 있다.

References

- Akai, H., 1969. Ultrastructural localization of phosphatases in the midgut of the silkworm, *Bombyx mori*. *J. Insect Physiol.*, 15:1623-1628.
- _____, 1978. Ultrastructural changes of insect digestive organ during larval-pupal metamorphosis. *The Cell*, 10(10):2-14.
- Anderson, E., and W.R. Harvey, 1966. Active transport by the cecropia midgut. II. Fine structure of the midgut epithelium. *J. Cell Biol.*, 31: 107-134.
- Berridge, M.J., and B.L. Gupta, 1967. Fine-structural changes in relation to ion and water transport in the rectal papillae of the blowfly, *Calliphora*. *J. Cell Sci.*, 2:89-112.
- _____, 1968. Fine-structural localization of adenosine triphosphatase in the rectum of *Calliphora*. *J. Cell Sci.*, 3:17-32.
- Chapman, R.F., 1969. The insects - structure and function. English Univ. press. London.
- Davey, K.G., and J.E. Treherene, 1963a. Studies on crop function in the cockroach(*Periplaneta americana* L.). I. The mechanism of crop-emptying. *J. Exp. Biol.*, 40:763-773.
- _____, 1963b. Studies on crop function in the cockroach(*Periplaneta americana* L.). II. The nervous control of crop-emptying. *J. Exp. Biol.*, 40:775-780.

- Gupta, B.L. and M. Berridge, 1966. The fine structural organization of the rectum in the blowfly *Calliphora erythrocephala* (Meig.) with special reference to connective tissue, tracheae, and neurosecretory innervation in the rectal papillae. *J. Morph.*, 120:23-82.
- Hecker, H., T.A. Freyvogel, H. Briegel and R. Steiger, 1971a. Ultrastructural differentiation of the midgut epithelium in female *Aedes aegypti* (L.) (Insecta, Diptera) imagines. *Acta Trop.*, 28:80-104.
- _____, 1971b. The ultrastructure of midgut epithelium in *Aedes aegypti* L. (Insecta: Diptera) males. *Acta Trop.*, 28:275-290.
- Jones, J.C., and V.H. Zeve, 1968. The fine structure of the gastric caeca of *Aedes aegypti* larvae. *J. Insect Physiol.*, 14:1567-1575.
- Judy, K.J., and L.I. Gilbert, 1970a. Histology of the alimentary canal during the metamorphosis of *Hyalophora cecropia* (L.). *J. Morph.*, 131:277-300.
- _____, 1970b. Effects of juvenile hormone and moulting hormone on rectal pad development in *Hyalophora cecropia* (L.). *J. Morph.*, 131:301-314.
- Kim, C.W., W.K. Kim and C.H. Yu, 1976. Morphological effects of boric acid on the midgut epithelial cells of *Blattella germanica* L. *The Sciences and Technologies*, Korea Univ., 17:21-33.
- Kobayashi, M., 1978. Structural changes of midgut epithelial cells during metamorphosis in the silk worm, *Bombyx mori* L. *The Cell*, 10(10):15-23.
- Oschman, J.L., and Wall, B.J., 1969. The structure of the rectal pads of *Periplaneta americana* L. with regard to fluid transport. *J. Morph.*, 127:475-509.
- Priester, W. de, 1971. Ultrastructure of the midgut epithelial cells in the fly *Calliphora erythrocephala*. *J. Ultrastruct. Res.*, 36:783-805.
- _____, 1972. Ultrastructural changes in developing midgut epithelium of *Calliphora erythrocephala* Meigen. *Z. Zellforsch.*, 129:278-289.
- Prusch, R.D., 1978. Active Na⁺ uptake in the isolated midgut of larval *Sarcophaga bullata*. *J. Insect Physiol.*, 24:81-85.
- Richards, A.G., and P.A. Richards, 1977. The peritrophic membranes of insects. *Ann. Rev. Entomol.*, 22:219-240.
- Shin, Y.H., I.B. Yoon, and J.I. Kim, 1973. *Bulletin*, Korean Entomological Institute, 5:1-53.
- Smith, D.S., K. Compher, M. Janners, C. Lipton, and L.W. Wittle, 1969. Cellular organization and ferritin uptake in the midgut epithelium of a moth, *Ephestia kühniella*. *J. Morph.*, 127:41-72.
- Snodgrass, R.E., 1935. Principles of insect morphology. McGraw Hill Book Co., Inc., New York. 667 p.
- Waku, Y., and K.I. Sumimoto, 1971. Metamorphosis of midgut epithelial cells in the silkworm (*Bombyx mori* L.). with special regard to the calcium salt deposits in the cytoplasm. I. Light microscopy. *Tissue & Cell*, 3(1):127-136.
- Wigglesworth, V.B., 1965. The principles of insect physiology, 6th Ed., London: Methuen & Co., Ltd., New York: E.P. Dutton & Co., Inc., 741 p.
- Yu, C.H., W.K. Kim, and C.W. Kim, 1980. Histology of the midgut during the metamorphosis of *Pieris rapae* L., Commemoration Papers for Professor C.W. Kim's 60th Birthday Anniv., pp.179-186.

Explanation of Figures.

(Abbreviation)

Bm: basement membrane

Bpm: basal plasma membrane

Cm: circular muscle

Gr: secretory granules

Lm: longitudinal muscle

Lpm: lateral plasma membrane

N: nucleus. Re: regenerative cells

Tr: tracheole.

Fig. 2. Light secretory granule cell in the basal part of the epithelium (type-I).

Fig. 3,4. Light secretory granule cell (type-II) and regenerative cells in the basal part of the epithelium.

Fig. 5. Dark secretory granule cell in the basal part of the epithelium (type-III).

