

## 빨간집모기 유충 내에 있는 직장 상피세포들의 미세구조

류 재 혁  
인하대학교 이과대학 생물해양학부

### Ultrastructure of the Rectum Epithelial Cells in the Mosquito Larvae, *Culex pipiens pallens*

Chai Hyeock Yu\*  
Division of Biology & Oceanography, College of Natural Sciences,  
Inha University Incheon, 402-752, Korea  
(Received April 2, 1999)

#### ABSTRACT

The epithelium of the rectum in the mosquito larvae, *Culex pipiens pallens*: Culicidae, was observed with electron microscope. The rectum of posterior hindgut was composed of epithelial tissue which were covered with cuticular intima on the luminal side, connective tissue and muscular tissue. The rectal epithelial cells were squamous absorptive cells, and apical plasma membranes were highly folded to form apical infoldings with mitochondria inserted them. The lateral plasma membranes were irregularly infolded and well developed mitochondria were found closely associated with infoldings. And intercellular spaces (or channels) were formed between the epithelial cells, whereas speptate junction was found near the apical zone between them. Also basal plasma membrane were infolded which made basal infoldings ("basal labyrinth"), and were covered with thin basal lamina. Rctal epithelium was surrounded by the connective tissue which was contained axon and tracheole cells. Connective tissue was covered with the bundles of circular and longitudinal muscles.

**Key words** : Ultrastructure, Epithelial cell, Rectum, Mosquito, *Culex pipiens pallens*

#### 서 론

곤충의 소화관은 형태와 기능에 따라 전장, 중장, 후장 등 3부분으로 대별하며, 다시 후장은 회장, 결장 그리고 직장으로 세분된다. 이들 소화관 조직은 크게

3층으로 구성되었는데 내면 쪽으로 단층상피조직, 기저면 외면에 신경 및 소기관지 등이 분포하는 결합조직 그리고 그 바깥쪽에 환상근과 충주근층이 있다. 그런데 곤충의 전장과 후장은 발생중 외배엽에서 유래된 기관이기 때문에 장 내면이 얇은 큐티클 내막(cuticular intima)으로 덮여있는 것이 특징이다. 후장

본 연구는 1998년 인하대학교 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

\* Correspondence should be addressed to Dr. Chai Hyeock Yu, Division of Biology & Oceanography, College of Natural sciences, Inha University, 253 Yonghyun-dong, Nam-ku, Incheon, 402-752, Korea. Ph: (032) 860-7693, FAX: (032) 874-6737, E-mail: chyu@dragon.inha.ac.kr

Copyright © 1999 Korean Society of Electron Microscopy

의 주요기능은 장내에서 물과 이온들을 재흡수하여 혈림프쪽으로 수송하며 소화되지 않은 배설물을 저장하였다가 항문을 통해 배설하게 된다. 특히 직장에서는 물과 이온들을 농도구배에 역행하여 재흡수를 하며, 배설기관인 말피기씨관과 함께 체내 삼투조절을 한다. 그래서 직장의 상피세포들은 특수한 흡수세포 형태로 분화되었다(Bradley, 1985).

이러한 직장에 대한 형태학적인 연구는 먼저 하등 곤충인 총미류와 흰개미류(Noirot & Noirot-Timothee, 1971b, 1977)에서부터 초시류의 *Troglodromus bucheti gaveti* (Strambi & Zylberberg, 1972)와 *Tenebrio molitor* (Grimstone et al., 1968) 등과 막시류의 *Nasonia vitripennis* (Davies & King, 1975) 직시목 곤충인 이질바퀴 (Oschman & wall, 1969; Noirot & Noirot-Timothee, 1976; Bignell, 1980)와 바퀴 (Ballan-Dufrançais, 1972; Wall & schman, 1973; Yu, 1985)의 직장 상피조직에 대하여 관찰, 보고되었다. 한편 본 실험재료인 빨간집모기와 같은 목에 속하는 파리의 일종인 *Calliphora erythrocephda* (Gupta & Berridge, 1966; Berridge & Gupta, 1967)와 *Drosophila melanogaster* (Wessing & Eichelberg, 1973; Jarial 1987) 그리고 같은 과 (Family)에 속하는 *Aedes aegypti* (Hopkins, 1967)를 재료로 해서 상피세포의 분화된 형태에 대하여 보고 된 바 있다. 또한 구조와 아울러 배설 흡수생리 기능에 관한 연구도 Ramsay (1971), 그리고 Noble-Nesbitt (1973), Wall & Oschman (1979), 그리고 Phillips (1980) 등에 의해 연구되었다.

지금까지 보고된 직장 상피조직을 중심으로 침단원형질막의 분화형태, 인접세포간의 연결 등에 대해 비교 검토하고, 아울러 빨간집모기의 직장 결합조직 및 근육조직의 구성세포들의 미세구조에 대해 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

본 연구에 사용된 재료는 도시 근교에서도 많이 서식하고 있는 파리목 모기과 곤충인 빨간집모기 (*Culex pipiens pallens*: Culicidae)로서 양평군 용문면 소재 논가에서 채집하였다. 채집된 어린 1~2령 유충들을  $26 \pm 2^\circ\text{C}$ 되는 항온사육실 내에서 인공 혼합물이

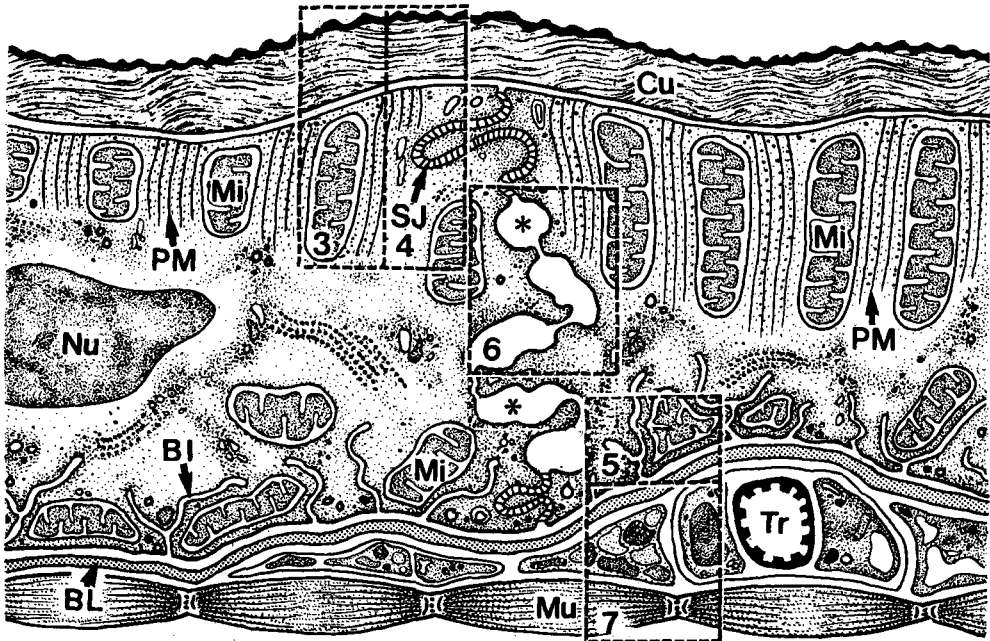
를 주어 사육하여 4령충인 종령유충을 암·수 구별 없이 실험재료로 사용하였다.

유충을 해부현미경하에서 직장(rectum)만을 적출하여 2% paraformaldehyde와 2.5% glutaraldehyde (0.1 M phosphate buffer, pH 7.4) 혼합고정액( $4^\circ\text{C}$ )에 12시간 동안 전고정 하였다. 그후 0.1 M phosphate buffer (pH 7.4) 용액으로 3회, 9시간 세척 한 후 2% osmium tetroxide (0.1 M phosphate buffer) 용액( $4^\circ\text{C}$ )에 2시간 동안 후고정 하였다. 고정이 끝난 재료들은 증류수로 세척한 후 ethyl alcohol과 propylene oxide로 탈수하여 epon-araldite 혼합액에 포매하였다. 초박절편은 Soval MT-2 ultramicrotome과 diamond knife를 이용하여 초박절편을 제작하였고, uranyl acetate (20분간)와 lead citrate (7분간)로 이중염색하여 Jeol-100CX 전자현미경으로 관찰하였다.

## 결 과

빨간집모기 유충의 직장은 상피조직, 결합조직 그리고 근육조직 등 3조직으로 구성되어있으며, 장 상피면에 얇은 큐티클 내막(cuticular intima)으로 덮여있었다. 모식도인 Fig. 1에서 보는 바와 같이 상피조직은 단층의 편평상피세포들로 이루어졌으며 침단원형질막(apical plasma membrane)은 막주름을 하고 있었다. 측부원형질막은 세포간극(intercellular space, 또는 channels)을 만들며, 침단 쪽에서는 길게 발달한 격막연접(septate junction)이 관찰되었다. 그리고 기저막 아래에 신경 및 소기관지들이 분포하는 결합조직과 환상근과 종주근조직이 직장외면을 싸고 있었다. 그리고 전자현미경으로 관찰 촬영한 사진의 부위를 모식도 상에 점선과 번호로 표기하였다.

직장의 점막상피를 이루고 있는 세포들은 편평형이며, 전형적인 흡수세포형으로 분화되었다. 유리연(침단부)원형질막이 주름이 잡혀 세포질 내로 뻗었는데, 주름의 깊이는  $5 \sim 8 \mu\text{m}$  정도이었고, 두 막간의 간격이 없이 밀착되었기 때문에 그 단면은 마치 3층의 구조물인 것처럼 관찰되었다(Figs. 3, 4). 그리고 그 사이에는 크게 발달한 긴 간상의 사립체가 산재해 있었다. 한편 Fig. 4에서 보는 바와 같이 침단쪽 측부원형질막이 밀착된 연결구조인 격막연접(SJ; septate



**Fig. 1.** Diagram of basic ultrastructural features of the rectal epithelium in the mosquito larvae, *Culex pipiens pallens*. Rectal epithelium is composed of squamous epithelial cells covered with a thin cuticular intima. And apical plasma membranes (PM) of epithelial cells are highly folded to form apical infoldings with mitochondria (Mi) inserted between them. Lateral cell membranes are united by septate junction (SJ) and enclosed intercellular channels and intercellular spaces (\*). Basal plasma membranes are irregularly infolded which made basal infoldings (BI), and are covered with thin basal lamina (BL). Rectal epithelium is surrounded by a connective tissue space, which contains axon cells (AX), and tracheoles (Tr). Connective tissue is covered with the bundles of circular and longitudinal muscles (Mu).

junction) 부위가 관찰되었다. 이러한 격막연접은 측부 원형질막의 기저부 쪽에서도 간혹 관찰되었다. 그리고 두 인접 세포간에는 세포간극 또는 도랑 (intercellular space, channel)이 불규칙하게 관찰되는데, 이들은 측부원형질막이 부분적으로 약 15~20 nm 정도로 밀착하여 그 사이 사이에 가는 도랑이 형성된 것이다 (Figs. 4, 6\*). 측부원형질막의 불규칙한 주름에 의해 형성된 세포간극 주변에서도 크게 발달한 사립체가 산재해 있었다 (Fig. 6).

기저원형질막도 짧게 주름 (basal infoldings)이 잡혔으며 이들은 기저미로 (basal laryrith) 형태로 관찰되었다 (Fig. 5). 그리고 그 바깥쪽으로 약 400 nm 두께의 기저막 (basal lamina)이 접해 있다.

곤충의 후장은 외배엽에서 유래한 기관이므로 장 내면에 큐티클 내막 (cuticular intima)으로 덮여 있는 것이 특징이다. 이 큐티클 내막은 전자밀도가 높아

진하게 보이는 외원표피층 (exocuticle)과 내원표피층 (endocuticle)으로 구분되는데 Figs. 3, 4에서 보는 바와 같이 외원표피층은 내면이 거치형으로 관찰되었으며 내원표피층은 두께가 약 0.8 μm 정도였고 전자 밀도가 다른 층상 구조로 관찰되었다. 기저막과 근육층 사이에는 결합조직이 관찰되었는데 이는 교질에 섬유성물질이 엉성하게 결합된 부분으로 그 내에는 기관소지 (tracheoles)가 많은 축삭 (axones)들이 관찰되었다 (Fig. 7).

## 고찰

곤충의 후장은 크게 회장과 직장으로 구분되는데 종에 따라 회장, 결장, 그리고 직장 등 3부분으로 세분되기도 한다 (Wigglesworth, 1972; Chapman, 1985). 한편 같은 종일지라도 유충 성체 등과 같이 성장 단

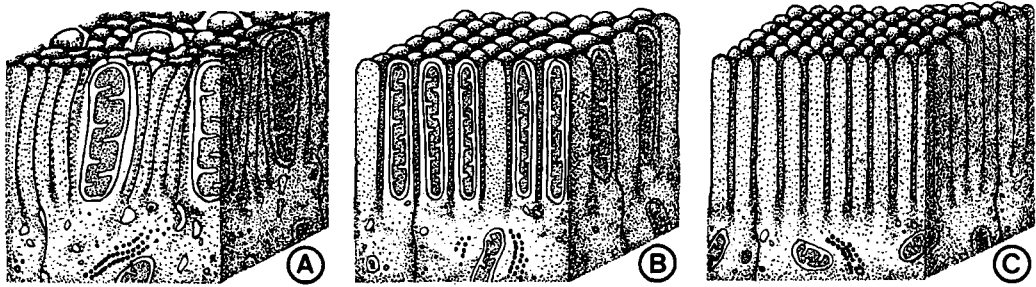


Fig. 2. Diagrams illustrating the differentiation of the apical plasma membranes of the absorptive epithelial cells in the digestive system. Apical plasma membranes are highly folded to form apical infoldings with mitochondria (A), made microvilli which loosely packed and contain a mitochondrion (B), and made thin microvilli which are compactly arranged (C).

계에 따라 회장, 직장 등의 크기와 모양 등이 다르다. 중령 유충단계에 있는 빨간집모기의 후장을 해부학적으로 보아 앞쪽으로 가늘고 긴 회장 부분과 그에 연결된 둥근 장구형의 직장 부분으로 뚜렷이 구별되며, 또한 조직의 구성과 상피세포의 분화 형태에 의해 쉽게 구분되어진다.

발생의 기원상 외배엽에서 분화되는 후장의 상피면은 얇은 큐티클 내막으로 덮여 있는데 이는 전자밀도가 높아 검게 보이는 외원표피층과 전자밀도가 낮아 밝게 보이는 내원표피층으로 구분된다. 본 빨간집모기의 직장상피면을 덮고 있는 얇은 외원표피층은 약간 거치형으로 관찰되었으며, 내원표피층은 두 겹씩 여러 층상구조로 관찰되었는데 이는 형성시 기본물질이 밀도가 다르게 퇴적되었기 때문이다(Noirot & Noirot-Timothee, 1971a). 한편 큐티클 조직에는 미세소관을 가지고 있기 때문에 물과 이온들이 투과하는데는 아무런 영향을 미치지 않는다(Noirot & Noirot-Timothee, 1969; Hubert, 1981).

곤충의 소화관 및 배설기관인 상피세포의 첨단원형질막은 미세융모 혹은 막주름의 형태로 분화되어 흡수기능을 증가시킨다. 지금까지 보고된 내용과 본인이 연구 발표한 결과를 종합하여 모식도로 비교 설명하면 다음과 같다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 일반적으로 소화관 상피세포들은 가늘고 긴 미세융모가 규칙적으로 배열된 형태로 분화되었으며(©), 직시목 곤충인 바퀴 및 집바퀴(Wall & Oschmann, 1979; Yu, 1985, 1995)의 직장 및 말피기씨관 상피세포들도 미세융모 형태로 분화되었지만, 다른 특징으

로는 그 내에 사립체가 1개씩 들어있는 형태로 분화되어 있다(ⓑ). 한편 본 연구 결과 빨간집모기 유충의 직장 상피세포들은 막주름의 형태로 분화되었는데(Ⓐ), 이와 유사한 구조는 직시목 귀뚜라미붙이과인 *Grylloblatta campodeiformis* (Jarial, 1992)와 본 실험종과 근연 종인 숲모기의 일종인 *Aedes aegypti* L.의 직장상피 세포에서도 관찰되었다(Hopkins, 1967). 그런데 막주름의 분화 형태는 주름의 깊이 배열층 등이 종마다 차이가 있었다.

후장의 기능은 중장부에서 소화, 흡수된 후 넘어온 잔여물 내에서 물과 이온들을 흡수하여 혈림프 내로 수송한 후 배설기관인 말피기씨관과 함께 체내 삼투조절을 하게 된다. 이렇게 노와 기타 배설물질로부터 물과 이온들을 흡수하는 기능을 가지고 있는 직장 상피세포들은 강한 흡수력 뿐만 아니라 수송물질의 이동 통로를 만들기 위해 인접 세포간 측부원형질막이 특수하게 분화되었다. 그래서 첨단 쪽의 측부원형질막이 길게 밀착된 격막연접부위가 자주 관찰되며, 부분적으로 도랑과 도랑 사이의 인접 세포면이 약 15~20 nm 두께로 밀착되어 사이사이에 세포간극 즉 도랑의 구조가 자주 관찰되며 또한 이들 주변에서는 크게 발달한 사립체가 많이 관찰되었다. 그리고 건조된 먹이를 먹는 곤충들은 더욱 강한 농도 구배에 역행하여 흡수하기 위한 조직으로서, 상피세포들이 여러 개가 모여 직장유두(rectal pad 또는 rectal papillae)형태로 분화된 종도 있지만(Wall & Oschmann, 1979), 본 빨간집모기 유충과 같이 수서 생활을 하는 종에서는 유두의 형태로 분화되어 있지

는 않았다.

한편 상피세포의 기저원형질막도 기저막 주름이 짧게 세포 내로 뻗었으며 영성한 미로 형태로 관찰되었다. 상피세포의 기저원형질을 따라 기저막이 밀착되어 있었으며 그 바깥쪽으로 얇은 결합조직이 있어 그 내에 신경 및 기관소지들이 관찰되었다. 그리고 전형적인 골격근의 형태를 한 환상근과 중추근이 장 외면에 부착되었다.

### 참 고 문 헌

- Ballan-Dufrancais C: Ultrastructure of the ileum in *Blattella germanica* L. (Dictyoptera). Localization, Origin and composition of intracellular mineralized concretions. *Z. Zellforsch.*, 133: 163-179, 1972.
- Berridge MJ, Gupta BL: Fine-structural changes in the relation to ion water transport in the rectal papillae of the blowfly, *Calliphora*. *J. Cell Sci.* 2: 89-112, 1980.
- Bignell DE: An ultrastructural study and stereological analysis of the colon wall in the cockroach *Periplaneta americana*. *Tissue & Cell*, 12: 153-164, 1980.
- Bradley TJ: The excretory system: Structure and physiology. In *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry, and Pharmacology* (eds. G.A. Kert and L.I. Gilbert). Pergamon press, Oxford, vol. 4, pp. 421-466, 1985.
- Chapman PF: Structure of the digestive system. In *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry, and Pharmacology*(eds. G.A. kerkut and L.I. Gilbert). Pergamon press. Oxford, vol. 4. pp. 165-221. 1985.
- Davies I, King PE: The Structure of the rectal papilla in a parasitoid Hymenopteran *Nasonia vitripennis* (Walker) (Hymenoptera, Pteromalidae). *Cell Tissue Res.*, 161: 413-419, 1975.
- Grimstone AV, Mullinger AM, Ramsay JA: Further studies on the rectal complex of the mealworm *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera, Tenebrionidae). *Phil. Trans. R. Soc.*, B253: 343-382, 1968.
- Gupta BL, Berridge MJ: 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, 1966.
- Hopkins CR: The fine-structural changes observed in the rectal papillae of the mosquito *Aedes aegypti* L. and their relation to the epithelial transport of water and inorganic ions. *J. Roy. Microsc. Soc.*, 86: 253-252, 1967.
- Hubert M: Proctodeal cuticle of *Cylindroiulus londinensis* (Leach) (Diplododa Iuloidea): Ultrastructural study of epicuticular depressions. *Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris.* A3: 815-824, 1981.
- Jarial MS: Ultrastructure of the anal organ of *Drosophila* larva with reference to ion transport. *Tissue & Cell*, 19: 559-575, 1987.
- Jarial MS: Fine structure of the rectal pads in the desert locust *Schistocera gregarea* with reference to the mechanism of water uptake. *Tissue & Cell*, 24: 139-155, 1992.
- Noble-Nesbitt H: Rectal uptake of water in insects. In "Comparative Physiology" (eds. L. Bolis, K. Schmidt-Nielsen and S.H.P. maddrell). North-Holl and Publ. Co pp. 333-351, 1973.
- Noitot C, Noirot-Timothee C: Proctodeal cuticle of insects, I. Comparative ultrastructure. *Z. Zellforsch.*, 101: 477-509, 1969.
- Noitot C, Noirot-Timothee C: Proctodeal cuticle of insects. II. Formation during the molt. *Z. Zellforsch.*, 113: 361-387, 1971a.
- Noitot C, Noirot-Timothee C: Ultrastructure du proctodeum chez le Thysanoure Lepi smodes inquilinus Nuwman (= *Thermobia domestica* Packard). I. La région antérieure (ileon et rectum). *J. Ultras truct. Res.*, 37: 119-137, 1971b.
- Noitot C, Noirot-Timothee C: Finestructure of the rectum in cockroach (dictyoptera): General organization and intercellular junctions. *Tissue & Cell*, 8: 345-368, 1976.
- Noitot C, Noirot-Timothee C: Fine structure of rectum in Termites (Isoptera): A comparative study. *Tissue & Cell.*, 9: 693-710, 1977.
- Oschman JL, Wall BJ: The structure of the rectal pads of *Periplanta americana* L. with regard to fluid transport. *J. Morph.*, 127: 475-510, 1969.
- Phillips JE: Epithelial transport and control in recta of terrestrial insects. *Insect Biology in the Future* (eds. M. Locke and D.S. Smith), Academic Press, New York, pp. 145-177, 1980.
- Ramsay JA: Insect rectum. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, B262: 251-260, 1971.
- Stahelin AL: Structure and function of intercellular junctions. *Int. Rev. Cytol.*, 39: 191-283, 1974.

- Strambi C, Zylberberg L: Histologie et ultrastructure du proctodeum des Col opt Catopides (imagos). Ann. Sci. Nat. Zool., Paris, 14 : 241-284, 1972.
- Wall BJ, Oschman JL: Structure and function of rectal pads in *Blattella* and *Blaberus* With respect to the mechanism of water uptake. J. Morph., 140 : 150-118, 1973.
- Wall BJ, Oschman JL: Insects. In Comparative Physiology of Osmotic Regulation in Animals (ed, G.M.O. Maloiy), Academic Press, London vol. 1, pp. 221-255, 1979.
- Wessing A, Eichelberg D: Electron microscopic studies on the structure and function of the rectal papillae in *Drosophila melanogaster*. Z. Zellforsch, 136 : 415-432, 1973.
- Wigglesworth VB: The Principles of Insect Physiology 7th ed., Methuen, London, pp. 476-498, 1972.
- Yu CH: Ultrastructure of the hindgut epithelial cells in the cockroach. *Blattella germanica* L. Korean J. Zool., 28 : 44-59, 1985. (Korean)
- Yu CH: Ultrastructure of the rectum epithelial cells in the cockroach, *Periplaneta japonica*. Bull. Inst. Basic Sci., Inha Univ., 16 : 217-227, 1995. (Korean)

### <국문초록>

본 연구는 경기도 양평에서 채집한 빨간집모기 (*Culex pipiens pallens*: Culicidae)를 사육하여 유충 시기에 있는 직장 조직을 구성하는 세포들의 미세구조를 관찰하였다. 직장조직은 점막상피조직, 결합조직, 그리고 근육조직 등으로 구성되었으며, 상피 내면에는 얇은 큐티클 내막이 덮고 있었다. 점막 상피조직은 단층의 편평상피세포들로 이루어졌으며, 첨단원형질막이 약 5~8  $\mu\text{m}$  길이의 막주름이 잡혀 있었고 그 사이에는 크게 발달한 사립체가 관찰되었다. 측부원형질막의 첨단 쪽에서는 격막연접부위가 길게 관찰되었으며 중간부위는 심하게 주름이 접혀 물질의 수송통로인 세포간극이 불규칙하게 관찰되었고 이 주변에서도 크게 발달한 사립체가 산재해 있었다. 그리고 상피세포의 기저막주름은 세포 내로 짧고 불규칙하게 함입되어 미로 형태로 관찰되었다. 기점막 바깥 쪽에는 신경 및 기관소지가 분포하고 결합조직과 전형적인 골격근의 형태를 하고 있는 환상근관 중주근이 장외면에 부착되었다.

### FIGURE LEGENDS

- Figs. 3, 4.** The rectum epithelial cells are covered with cuticular intima (Cu). apical plasma membranes (PM) are highly folded to form apical infoldings with large mitochondria (Mi) inserted them. Intercellular space (\*) are seen in the cytoplasm. Lu; Lumen. Bar: 1  $\mu\text{m}$ .
- Fig. 5.** Basal region of the epithelial cell. the basal infoldings (BI) of the plasma membrane form a labyrinth. And showing the Golgi complex (GC) in the Cytoplasm. BI : Basal lamina, Mi; mitochondrion. Bar: 1  $\mu\text{m}$
- Fig. 6.** Lateral cell membranes are united by septate junctions (SJ) and enclosed intercellular channels and large intercellular spaces (\*). Mi; mitochondrion. Bar: 1  $\mu\text{m}$
- Fig. 7.** Connective tissue in the periepithelial space of the rectal epithelium, which contains axon cells (AX). and covered with bundle of cross sectioned muscles (Mu). BL; Basal lamina. Bar: 1  $\mu\text{m}$

