

한국산 산민달팽이(*Incilaria fruhstorferi*) 소화관 상피조직의 미세구조 및 조직화학적 연구

이 정 찬 · 장 남 섭 · 한 중 민

목원대학교 이공대학 생물학과

= Abstract =

Ultrastructural and Histochemical Study on the Epithelia of Digestive Tract of a Korean Slug, *Incilaria fruhstorferi*

Jung Chan Lee, Nam Sub Chang and Jong Min Han

Department of Biology, Mokwon University, Taejon 301-729, Korea

We report the results on the observations of each anatomical region in gastrointestinal tract of *Incilaria fruhstorferi*, Korean slug, in ultrastructural and histochemical considerations of cell populations and distribution of gastrointestinal tract epithelium and secreting granules.

Gastrointestinal tract of *Incilaria fruhstorferi* is composed of esophagus, stomach, intestine and rectum. Esophagus is divided into proesophagus, crop and postesophagus, and intestine is composed of prointestine, midintestine and postintestine.

According to the result of observations on each anatomical region in gastrointestinal tract, following ten populations of cell are documented. 1) three kinds of green granular cell, 2) blue granular cell, 3) mucous cell, 4) two kinds of ciliated columnar epithelial cell, 5) clear cell, 6) reticular-shaped cell, and 7) degenerated cell.

Two kinds of ciliated columnar epithelial cell are divided into type A and B. Type A cell has both cilia and microvilli on its upper free surface, but type B cell was dark because of its high electron density and was characterized as to be only found in intestine and rectum. The cilium showed typical $9 \times 2 + 2$ axoneme structure.

Three kinds of green granular cell are divided into type A, B and C, and those were characterized as to be mainly found in the crop, postesophagus, stomach and rectum. Both type A and B cells contained fat droplets ($1.36 \times 1.67 \mu\text{m}$ in diameter), which are positively stained with Sudan black B, but type C cell had glycogen, additionally.

Blue granular cell was tallest among above mentioned ten kinds of cells and contained rounded granules, which were confirmed as a protein material by Millon reaction. These were only found in midintestine.

Mucous cell that was mainly found in both of intestine and rectum contained two kinds of granules. One is electron lucent granule and the other is dark electron dense granule ($1.33 \times 0.89 \mu\text{m}$ in diameter), but lucent granule ($2.66 \mu\text{m}$ in diameter) was observed only at immature stage. Each lucent and dark granules is confirmed as an acid and neutral mucin granule exhibiting positivity on alcian blue (pH 2.5) and PAS stain, respectively.

Both type A and type B clear cells were observed by light microscope, and type A cell was confirmed as a neuroendocrine cell by electron microscopy, while the nature of type B cell was confirmed as a fat storage cell. The size of granule in neuroendocrine cell was about 0.16 μ m.

Reticular-shaped cell was small and having irregular contour. The cell was mainly found in stomach, and had large nucleus. Mitochondria and granular vesicles were found in small amount of cytoplasmic process.

Degenerated cells were mainly found in postintestine and rectum, and were confirmed as to be formed during breaking process after granules were secreted.

Key words : Ultrastructure, Histochemistry, Digestive tract, *Incilaria fruhstorferi*

서 론

연체동물(Mollusca) 복족강(Gastropoda)의 소화기관에 관한 연구는 20세기 초 Graham(1932, 1939)의 연구를 필두로 활발히 이루어졌다. 이들 복족강에 속하는 수많은 달팽이류 소화관의 구조는 달팽이의 여러 분류군(전새아강, 후새아강 그리고 유폐아강)에서 특유한 형태를 갖고 있는데, 같은科내에서도 그들의 생태환경과 먹이의 습성에 따라서 소화관 상피조직을 구성하는 세포의 종류와 수 그리고 이들의 분포에 있어 다양한 차이를 보이고 있었다.

전새복족류(Prosobranch gastropods) 소화관에 관해서는 많은 학자들에 의해 해부학적 연구와 현미경적 연구가 이루어졌고(Graham, 1941, 1949, 1964, 1966, 1973; Demian, 1964; Martoja, 1964; Andrews, 1965; Campbell, 1965; Mclean, 1970; Wu, 1965; Lutfy and Demian, 1967; Martoja and Thiriot-Quievereux, 1975; Sheridan *et al.*, 1978; Fretter and Graham, 1994) 특히 이들 중 Lutfy와 Demian(1967)은 *Marisa cornuarietis*의 소화관을 식도, 위, 장 그리고 직장 등 4부위로 나누었고, 식도는 다시 전·중·후식도로, 위는 사냥과 style sac으로 장은 전·중·후장으로 나누어 소화관의 전체적인 형태와 내강상피의 조직학적인 연구를 수행한 바 있다.

그러나 후새아강의 소화관에 관한 연구(Rudman, 1972)는 비교적 드문 편이나, 복족류 중 고등한 유폐아강의 해부학적 및 조직학적 연구는 비교적 활발하게 이루어졌다(Carriker, 1946; Ghose, 1963; Rigby, 1963, 1965; Bowen, 1970; Walker, 1972; Tillier, 1984).

Mantale(1973)은 육산 달팽이, *Cryptozonia semirugata*의 연구에서 소화관을 식도, 소낭, 위, 장 그리고 직장 등으로 구분하고, 복족류 전새아강의 소화관이 후새아강과 유폐아강의 소화관에 비해 caecum과 typhlosole, style sac 등을 포함하고 있어 복잡한 형태를 보인다 하였고 하였다.

복족류의 소화관에 관한 연구는 Jeong 등(1993)은 담수산 쇠우렁이(*Parafossarulus manchouricus*)와 물달팽이(*Radix auricularia coreana*)를 재료로 미세구조적 비교 연구가 이루어졌다. Boer와 Kits(1990)는 담수산 달팽이 *Lymnaea stagnalis*를 대상으로 소화관의 조직화학적 연구와 미세구조적인 연구를 병행하여 수행한 바 있는데 이들은 소화관의 내강상피조직이 섬모 세포와 미세음모 그리고 다양한 종류의 선세포들로 구성되어 있음을 보고한 바 있다. 그러나 육산 민달팽이 소화관 전체를 대상으로 부위별로 상세히 나누어 조직화학적, 미세구조적 연구를 병행한 예는 극히 드물다.

이에 본 연구는 한국산 육산 산민달팽이(*Incilaria fruhstorferi*)를 재료로 소화관 전체를 4부위로 구분하고 그 중 식도와 장을 각각 3부위로 세분하여, 각 부위별로 상피조직과 결합조직을 조직화학적 및 미세구조적으로 관찰함으로써 세포의 종류와 수 그리고 분포 상황을 관찰하였기에 그 결과를 보고하고자 한다.

실험 재료 및 방법

1. 실험 재료

1997년 7, 8월경 우기에 충남 공주시 반포면 야산에서 산민달팽이를 채집하여 실험실로 옮긴 후 어두운 사육 상자에서 온도 28-30°C와 습도 80-90%를 유지시

키면서, 2-3일간 사육, 관찰한 다음 실험 재료로 사용하였다.

2. 실험 방법

산민달팽이를 30% 알콜로 마취한 다음 개복하여 소화관을 적출하였으며, 실험에 사용할 수 있도록 소화관을 부위별로 잘라낸 후(Fig. 1), 2.5% paraformaldehyde-3% glutaraldehyde (phosphate buffer, pH 7.3)용액에 2시간 전고정하고 이어서 phosphate buffer(pH 7.3)로 5분씩 3회 세척하였다. 계속해서 1% OsO₄ (phosphate buffer, pH 7.3)에 2시간 후고정하고 단계적으로 아세톤을 사용하여 탈수한 다음 Epon 812에 포매하였다. 이어 초박절편기(LKB-V ultramicrotome)로 1 μm 두께의 절편을 만들고 이를 toluidine blue로 단일 염색을 하였으며, 광학현미경에서 정확한 부위를 확인한 다음 초박절편을 만들었다. 또한 과립의 호염성을 확인하기 위해 methylene blue-basic fuchsin 이중염색(이하 m-b 이중염색이라고 칭함)을 하고, 산성 및 중성 점액다당류를 확인하기 위해서는 PAS-alcian blue(pH 2.5)반응을 실시하였다. 또한 단백질성 과립과 지방성 과립을 확인하기 위해서는 Millon 반응과 sudan black B 반응을 각각 수행하였으며 카메라가 부착된 Olympus BH-2 광학현미경으로 촬영하였다. 또한 전자현미경 관찰을 위해서는 시료를 초박절편으로 만든 다음, uranyl acetate와 lead citrate로

이중염색을 하고, 투과전자현미경 JEM 100CX-II (80KV)로 관찰하였다.

결 과

1. 광학현미경 관찰

한국산 산민달팽이(*Inciliaria fruhstorferi*) 소화관 상피조직에서 관찰된 10종류의 세포와 이들이 소지한 과립들을 조직화학적 방법을 이용 성분분석을 한 결과는 다양하게 나타났다(Table, 1).

1) A형 섬모원주상피세포(type-A ciliated columnar epithelial cell)

이 세포는 소화관 내강의 대부분을 점유하고 있고, 세포의 상단에는 긴 섬모와 미세융모가 밀생된 키가 큰 원주형 세포였다. 세포질은 methylene blue에 강한 염색반응을 나타내었으며 핵의 상단에는 작은 공포들을 다수 포함하는 특징을 보였다. 이들이 소지한 핵은 길고 폭이 좁은 타원형 이었으며 핵질과 이질염색질은 약한 염색반응을 나타내어 비교적 밝게 보였다. PAS-alcian blue(pH 2.5) 반응과 H-E염색에서 세포질은 분홍색으로, 핵은 진분홍 또는 검은색으로 각각 염색되었다(Figs. 5, 6, 7 and 10).

Table 1. The staining reactions of secretory granules and cells in epithelia of digestive tract

cell type staining reactions	ACE	BCE	GGC	BGC	MC	RC	AC	BC	DC
Methylene blue	★	★	★	★	★	★			★
Basic fuchsin					★				
PAS	★	★			★				
Alcian blue (pH 2.5)					★				
Hematoxylin	★	★			★				
Eosin									
Millon				★					
Sudan Black B			★						

ACE and BCE, type-A and B ciliated epithelial cells; GG, green granular cell; BGC, blue granular cell; MC, mucous cell; RC, reticular-shaped cell; AC and BC, type-A and B clear cells; DC, degenerated cell; ★, positive reaction

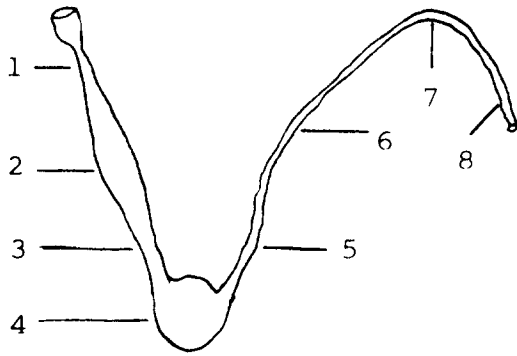


Fig. 1. Diagrammatic structure of digestive tract of *I. frustorferi*

1. proesophagus, 2. crop,
3. postesophagus, 4. stomach,
5. pro-intestine, 6. mid-intestine,
7. post-intestine, 8. rectum

2) B형 섬모원주상피세포(type-B ciliated columnar epithelial cell)

이 세포는 주로 역삼각형 형태의 매우 드문 세포로서 장 전체와 직장에서 주로 관찰되었다. 세포의 상단에는 긴 섬모가 밀생되어 있고, 장타원형인 핵은 대부분 세포의 하단에 치우쳐 있었다. 핵은 세포질과 더불어 methylene blue에 진한 푸른색으로 염색되어 A형 섬모원주상피세포와도 뚜렷이 구별되었다. 그 이외에 A형과 다른 점은 핵의 상단부 세포질에 작은 공포들을 소지하고 있지 않은 점이다(Fig. 7).

3) 녹색 과립 세포(green granular cell)

단층 섬모원주세포로서 핵은 장타원형이거나 약간 불규칙하고 m-b 이중염색에서 methylene blue에 강하게 염색된 핵은 이질염색질이 고르게 발달해 있었다. 핵을 중심으로 상, 하 세포질에는 methylene blue에 녹색으로 염색되는 크고 둥근 과립들이 치밀하게 발달해 있었는데 이들은 PAS-alcian blue(pH 2.5)반응과 H-E 염색에서는 아무런 반응을 나타내지 않았다(table. 1). 이 세포는 소낭과 후식도, 위에서 비교적 많이 관찰되었으나, 직장에서는 중등도로 관찰되었고, 전식도에서는 소수가 관찰될 뿐이었다. 그러나 전장과 후장에서는 이들이 거의 관찰되지 않은 특징을 보였다(Figs. 2, 3, 4, 8 and 11).

4) 청색 과립 세포(blue granular cell)

이 세포는 주로 중장에서만 관찰되는 키가 큰 섬모원주상피세포이거나 키가 작은 타원형의 세포로서 핵은 장타원형이고 methylene blue에 강하게 염색되었다. 세포질에는 1.3 μm 정도 크기의 둥글고 푸른색의 과립들이 핵을 중심으로 그 상단부에 집적되어 나타났으며 경우에 따라서는 그물형태의 구조물이 관찰되기도 하였다. PAS-alcian blue(pH 2.5) 반응과 H-E 염색에서는 둥근 과립들이 아무런 반응을 보이지 않았으나, Millon 반응에는 양성으로 나타났다(Fig. 9).

5) 점액 세포(mucous cell)

이 세포는 타원형이거나 불규칙한 형태의 세포로서 상피조직의 하단 기저막 위에 위치하는 경우가 많았다. 이 세포의 핵을 타원형이거나 불규칙한 경우가 많았고 핵질은 methylene blue에 강하게 염색되었다. 세포질은 불규칙하고 크고 투명한 과립들로 가득 차있으며 소화관의 부위에 따라서는 투명 과립 속에, methylene blue에 강하게 염색되는 과립과, basic fuchsin에 강하게 염색되는 두 종류의 과립들이 생성되기도 하였다. 특히 전식도, 소낭, 전장에서는 둥근 과립들이 methylene blue에 강하게 염색되어 푸른 과립으로 관찰되었다. 그러나 후식도와 중장에서는 주로 붉은 과립으로, 그 밖의 직장에서는 붉고 푸른 과립들이 섞여서 관찰되기도 하였다. 투명과립들은 PAS-alcian blue 반응에서 alcianophilia를 나타낸 반면, m나 basic fuchsin에 염색되는 둥근 과립들은 각각 PAS에 강한 양성반응을 나타내거나, alcianophilia를 나타내어서로 상충되는 반응을 보였다(Figs. 2, 4, 6, 7, 10 and 12).

6) 망상형 세포(reticular-shaped cell)

이 세포는 후식도와 위의 종주름을 구성하는 상피조직의 하단에서 주로 집단을 형성하면서 존재하는 경우가 많았다. 세포는 매우 작은 타원형의 불규칙한 세포로서 methylene blue에 강하게 염색되었으며(Table. 2) 핵은 세포질에 비해 매우 컸다. 세포질은 가늘고 길게 늘어나서 이웃 세포와는 복잡한 형태의 망상을 이루고 있었다(Fig. 11)

7) 투명 세포(clear cell)

이 세포는 대부분 섬모상피세포나 과립세포 그리고

기저막 상단에서 드물게 관찰되는 매우 작은 타원형의 세포로서, 두 종류가 관찰되었다. 핵이 밝게 보이는 A형과 핵이 methylene blue에 푸르게 염색되는 B형이었다. 이들의 세포질은 모든 염색반응에서 아무런 반응을 보이지 않았으며, 투명하게 관찰되는 특징을 보였다(Figs. 6, 8 and 12).

8) 괴사형 세포(degenerated cell)

이 세포는 식도, 전장 그리고 중장에서는 드물게 나타난 데 비해, 후장 이하에서는 매우 빈번히 관찰되는 특징을 보였다. 이들은 섬모원주세포와 과립세포들 사이에서 집단으로 존재하는 경우가 많았다. 이들이 소지한 핵은 비교적 작은 타원형으로 methylene blue에 약한 반응을 나타내어 푸르게 관찰되었으며(table. 2), 핵을 둘러싸고 있는 세포질은 매우 복잡한 그물 형태를 나타내는 특징을 보였다(Fig. 13).

2. 전자현미경적 관찰

1) A형 섬모원주상피세포

이 세포는 주로 A형 녹색과립세포나 점액세포 사이에 존재하는 긴 원주형의 세포로서 세포의 자유면에는 섬모와 미세융모가 밀생되어 있었다.

섬모의 하단 원형질막에서는 음식물에 대한 식작용이 관찰되고, 포식된 가는 막대모양의 작은 물질들은 세포질 내로 고르게 분산되었다. 또한 세포질 상단에는 cristae가 발달된 다양한 크기의 사립체(평균크기, $0.18 \times 0.33 \mu\text{m}$)들이 활면소포체와 더불어 치밀하게 분포되어 있었지만 기타 세포소기관의 발달은 미약하였다. 핵은 긴 타원형으로 전자밀도가 낮은 핵질 속에 과립상의 이질 염색질과 인을 소지하고 있었다(Fig. 19, 20, 24 and 25).

2) B형 섬모원주상피세포

이 세포는 A형 섬모원주상피세포와 점액세포 사이에서 관찰된 역삼각형 또는 버섯모양의 세포로서 세포의 상단에는 기저체와 섬모근이 발달된 긴 섬모들이 밀생되어 있었다. 이들이 소지한 긴 타원형의 핵과 세포질은 전자밀도가 높아서 검게 관찰되고 핵의 상단 세포질 속에는 다양한 크기의 원형 또는 타원형의 사립체들로 가득 차 있었다. 사립체 이외의 세포소기관의 발달은 미약했으며 다양한 크기의 많은 공포들이 관찰되기도 하였다(Figs. 19 and 20).

3) A형 녹색과립세포

이 세포는 긴 섬모원주형 세포로서 핵은 장타원형이거나 약간 불규칙하였으며 핵질은 전자밀도가 낮거나 또는 중등도로서 비교적 밝게 보였다. 과립상의 이질염색질이 고르게 발달해 있는 핵질 중앙에는 둥근 인이 관찰되고 세포질은 원형 또는 타원형인 다양한 크기의 과립들(평균크기, $1.36 \times 1.67 \mu\text{m}$)로 가득 차 있었다. 과립들은 대부분 전자밀도가 낮아서 밝게 관찰되고 sudan black B 반응에서 지방과립들로 확인되었다. 세포들이 접촉되는 상단부 측면 원형질막에는 견고연접이 관찰되었다(Fig. 14).

4) B형 녹색과립세포

B형 녹색과립세포는 매우 드물게 나타난 세포로서 A형과 매우 유사한 구조를 보이고 있으나 다른 점은 세포질 전체의 전자밀도가 매우 높아서 검게 관찰되었다. 세포질 상단에는 막대형 사립체가 밀집되어 나타나는 특징을 보였으며, 핵 주위 세포질 속에는 다양한 크기의 둥근 지방과립들로 가득 차 있었는데, A형과 다른 점은 과립들이 합체되는 현상을 보인 점이다(Fig. 15).

5) C형 녹색과립세포

이 세포 또한 원주형 세포로서 타원형의 큰 핵을 소지하고 있었다. 핵은 전자밀도가 낮은 핵질 속에 과립상의 이질염색질들을 고루 포함하고 있었는데 핵질 중앙에서 크고 둥근 인이 관찰되었다. 핵을 둘러싸고 있는 세포질 속에는 $0.9 \mu\text{m}$ 정도 크기의 작고 둥근 과립들이 많이 관찰되었는데 이들은 전자밀도가 낮아서 비교적 밝게 관찰되고 sudan black B 반응에서 지방성 과립으로 확인된 바 있다. 또한 이들 둥근 과립들 주위 세포질 속에는 글리코겐 입자들이 분산되어 있는데 이들은 장상피의 미세융모를 통해 흡수 저장된 것으로 간주되었다(Fig. 16).

6) 청색과립세포

이들은 주로 중장상피조직 사이에서 관찰된 섬모원주상 또는 타원형의 세포로서 핵은 대부분 장타원형이거나 불규칙했고 밝은 핵질 속에 과립상의 이질염색질들이 고르게 분포하였다. 이들의 세포질 속에는 전자밀도가 높아서 검게 보이는 둥근 과립들(직경, $1.3 \mu\text{m}$) 이 핵의 상단부위를 중심으로 밀집되어 있었는데 이들

은 세포의 자유면까지 뻗어 있는 긴 세포질 돌기를 통해서 소화관 내강으로 분비되었다. 과립들은 세포질 속의 발달된 골지체들로부터 형성된 듯하며, millon 반응에서 단백질성으로 확인되었다. 그 이외 세포질은 비교적 단순해 보였다(Fig. 17).

7) 점액세포

이 세포는 처음에는 상피조직의 기저부위에 위치한 타원형 형태의 비교적 작은 세포였는데(Fig. 18) 과립들이 점차 성숙되면서 긴 세포질 돌기를 통해 세포의 자유면 쪽으로 뻗어나가 배상형 세포로 변화했다. 핵은 비교적 불규칙하며 세포의 중앙에 위치해 있는 경우가 많았으며 전자밀도가 낮아서 밝게 보이는 핵질 속에는 과립상의 이질염색질들이 고르게 분포하였다. 또한 핵 주위에는 골지복합체로부터 형성된 것으로 보이는 구형 또는 타원형의 과립들이 밀집되어 나타났는데 이들은 전자밀도가 비교적 낮아서 밝게 보였다. 그러나 과립들은 서서히 성숙되면서 전자밀도가 높게 변해갔으며 완전 성숙시에는 투명 과립 속에 검은 구형의 과립이 섞여있는 양상을 보였다(Figs. 18, 19 and 20). 과립들은 PAS-alcian blue(pH 2.5)반응에서 중성 또는 산성 점액다당류로 확인된 바 있다.

8) 망상형 세포

이 세포는 모양이 망상형이거나 불규칙형인 작은 세포로서 후식도나 위의 종주름을 구성하는 상피조직에서 주로 관찰되었다. 이들이 소지한 핵은 세포질에 비해 매우 크고 전자밀도가 낮아서 밝게 보이는 핵질 속에 검은 과립상의 이질염색질이 고르게 발달해 있었으며 크고 둥근 인도 관찰되는 특징을 보였다. 약간의 세포질 속에는 타원형의 사립체가 밀집되어 있었으며 과립성 소포체도 관찰되었다. 이들은 주로 상피조직의 하단 기저막 주위에서 몇 개씩 무리 지어 관찰되거나 집단을 이루면서 확인되었는데 세포질은 가는 돌기를 내어 망상구조를 하고 있었다. 이들은 재생에 관여하거나 섬유형성에 관여하는 재생세포 또는 섬유형성세포일 것으로 사료된다(Fig. 21).

9) 투명세포

광학현미경 관찰에서 투명세포는 A형(Fig. 22)과 B형(Fig. 23)이 관찰된 바 있는데, A형은 전자 현미경 관찰에서 신경내분비세포로 확인되었으나, B형은 지방

과립을 지닌 지방저장세포로 확인되었다.

신경내분비세포(neuroendocrine cell)인 A형은 상피조직의 하단 기저막 근처에서 간혹 관찰되기도 하였는데 대부분 크기가 작고 모양은 타원형이거나 약간 불규칙한 형태를 보였다. 이들은 세포질 속에 전자밀도가 높은 0.16 μm 정도 크기의 작은 신경과립들을 다수 포함하고 있었다. 이들의 핵은 원형으로 핵질 속에 비교적 굵은 과립상의 이질염색질들이 핵막주위와 핵질 속에 흩어져 발달해 있는 특징을 보였다.

10) 괴사형 세포

이 세포는 주로 성숙된 점액세포와 그 이외의 과립 세포들이 점액 또는 과립들을 분비한 후, 세포질과 세포소기관들이 서서히 붕괴되면서 형성되어진 세포인 것으로 확인되었다.

고 찰

연체동물 병안목 달팽이류의 소화관 길이와 구조는 종에 따라 다양한 것으로 알려져 있다. 유페아강 *Theba pisana*(Roldan and Garcia-Corrales, 1988)는 소화관이 구강부, 식도, 소낭(crop), 위, 장 그리고 직장으로 구분되어 있으나 *Lymnaea stagnalis*(Boer and Kits, 1990)는 전식도(proesophagus), 후식도(postesophagus), 소낭, 사낭(gizzard), 유문부(parlours), 위, 맹장(caecum), 전장(prointestine), 중장(midintestine), 후장(postintestine) 그리고 직장으로 구분되었다.

그러나 본 실험에서는 산민달팽이(*I. fruhstorferi*) 소화관의 구조가 구강부, 전식도, 소낭, 후식도, 위, 전장, 중장, 후장 그리고 직장으로 나눌 수 있어 민달팽이 *Elisolimax madagas* (Tillier, 1984)와 같은 구조를 나타내었다.

Theba pisana(Roldan and Garcia-Corrales, 1988)의 경우 식도의 길이는 3.5-4.5 mm 정도로 가늘고 길며 소낭으로 내려가면서 약간 넓어지고, 식도의 내강 벽에는 길이로 달리는 두툼고 곧바른 종주름들이 소낭에 까지 뻗어 있었다. 이들 종주름으로 이루어진 내강상피조직은 용모세포와 섬모세포 그리고 선세포들로 구성되어 있었는데 이들은 공통적으로 키가 크고 폭이 좁은 원주형 세포로서 세포질 상단에는 지방과립과 글리코겐과립이 포함되어 있고, 하단에는 타원형이거나 원형인 핵이 위치해 있었다.

그러나 *Lymnaea stagnalis*(Boer and Kits, 1990)의 식도는 전식도에 이어 후식도로 연결되어 있고 그 밑으로 팽창된 소낭이 위치해 있어, *Theba pisana*(Roldan and Garcia-Corrales, 1988)나, 본 실험의 *I. fruhstorferi*에서 전식도 다음에 소낭이 위치해 있는 것과는 그 형태가 달랐다. 그러나 내강을 구성하고 있는 내강상피조직이 섬모원주세포와 미세용모세포 그리고 선세포들로 구성되어 있고 이 세포들이 소지한 섬모나 미세용모가 활발히 움직여 음식물을 위나 장으로 내려 보내는데 중요한 역할을 수행한다는 연구내용(Roldan and Garcia-Corrales, 1988; Boer and Kits, 1990)은 본 실험과 같았다. 특히 Boer와 Kits(1990)는 소낭 내강 속에 미세용모세포의 발달이 뚜렷하여 내강으로부터 pinocytosis 또는 endocytosis된 음식물을 용해소체를 이용 분해하고 세포질을 통해 깊숙이 흡수하여 에너지원으로 이용한다는 보고도 있었다. 그러나 *Theba pisana*(Roldan and Garcia-Corrales, 1988)의 소낭은 그 내강상피조직에 약간의 종주름만이 관찰될 뿐 내강으로부터의 적극적인 물질흡수가 일어난다는 보고는 없었다. Roldan과 Garcia-Corrales(1988)는 소낭을 식도소낭, 소낭, 위소낭 등 3부분으로 나누고 위소낭은 위낭으로 연결되어 있으며 음식물의 분쇄와 흡수가 주된 기능이라고 하였다. *I. fruhstorferi*를 재료로 한 본 실험에서도 소낭의 내강상피조직이 *Lymnaea stagnalis*(Boer and Kits, 1990)에서처럼 섬모원주세포와 미세용모세포, 선세포 등으로 이루어져 있고 그 내벽에는 24개 정도의 작은 종주름들이 발달해 있었다. *I. fruhstorferi*는 *Theba pisana*와는 달리 소낭이 짧아서 Roldan과 Garcia-Corrales(1988)의 결과와는 약간의 차이를 보였지만, 섬모세포와 미세용모세포의 대부분이 지방 과립과 글리코겐 과립을 소지하고 있어 음식물의 저장과 흡수만을 수행하며, 효소과립에 의한 소화작용은 확인한 바 없다는 Roldan과 Garcia-Corrales(1988) 그리고 Boer와 Kits(1990)의 보고내용과 비슷하였다. 특히 Boer와 Kits(1990)는 *Lymnaea stagnalis*에서 8종류의 과립세포[FC(flask-shaped gland cell)-I, FC-II, FC-III, FC-IV, GC(granular cell), BUC(bulb-shaped cell), SGC(subepithelial gland cell)-I 그리고 SGC-II 등]와 2종류의 신경내분비세포(subepithelial neuron and intraepithelial neuron) 그리고 섬모세포와 미세용모세포 등 12종의 세포를 언급한 바 있다.

Demian과 Michelson(1971)도 *Marisa cornuarietis*에

서 6종류의 과립세포(fusiform, club-shape, ovate, goblet, saccular 및 conical 등)와 섬모세포, 미세용모세포 등 8종류의 세포를 관찰한 바 있었다. 그러나 본 실험의 *I. fruhstorferi*에서는 5종류의 과립세포(녹색과립세포 3종, 청색과립세포 및 점액과립세포 등)와 1종류의 신경내분비세포(투명세포) 그리고 망상형세포, 피사형세포 그리고 2종류의 섬모원주세포 등 모두 10종류의 세포가 관찰되어 5종류의 세포(SGC-I, SGC-II, FC-I, 섬모세포, 미세용모세포 등)가 관찰된 *Lymnaea stagnalis*나 역시 5종류의 세포(fusiform, ovate, saccular, 섬모세포 및 미세용모세포 등)가 관찰된 *Marisa cornuarietis*(Demian and Michelson, 1971)와는 세포의 종류나 형태에 많은 차이가 있었는데, 이는 종의 차이에 기인하는 현상인 것으로 생각되었다.

본 실험의 *I. fruhstorferi*에서 관찰된 녹색과립세포는 PAS-alcian blue(pH 2.5)반응과 H-E 이중염색에서 모두 무반응이었으나, 점액세포는 alcian blue(pH 2.5)와 PAS에 모두 양성을 보이는 두 종류의 과립과 alcian blue(pH 2.5)에만 양성을 보이는 한 종류의 과립 등을 소지하는 경우가 많았다. 그러나 청색과립세포는 두 종류의 염색반응에 모두 무반응이었고 다만 Millon 반응에서만 양성을 보인 바 있어, 본 실험의 청색과립세포와 점액세포는 *L. stagnalis*(Boer and Kits, 1990)의 GC 선세포나 BUC 선세포와 같은 성분을 소지하고 있는 선세포인 것으로 간주되었다. 또한 *L. stagnalis*(Boer and Kits, 1990)의 FC-I, FC-II, FC-III 그리고 FC-IV 선세포는 본 실험의 녹색과립세포와 유사하나 염색성은 다르게 나타났다.

사낭의 위치는 대부분 후식도 또는 전식도 다음에 있으나 모든 달팽이류가 다 소지하고 있는 것은 아니다. Boer와 Kits(1990)는 기안목(Basommatophora)인 경우 사낭을 가지고 있지만 병안목(Stylommatophora)은 사낭이 없으며, 사낭이 없는 달팽이류인 경우는 기계적인 기작이 이루어질 수 없어 효소에 의한 화학적 소화가 주로 수행될 것으로 생각된다고 하였다(Runham, 1975).

Theba pisana(Roldan and Garcia-Corrales, 1988)에서는 위가 특이하게 길어서 3부위(위사낭, 위, 위낭)로 나뉘며, 2개의 크고 작은 종주름(major typhlosole과 minor typhlosole)이 관찰된다고 하였다. 위소낭은 식도나 소낭과 같고 위낭은 전장과 조직적으로 그 구조가 비슷한데, 위에서는 소화기능이 거의 없

고 식물체를 일시 저장하거나 내려보내는 단순한 역할만을 수행하는 것으로 간주된다고 하였다. *I. fruhstorferi*의 위에서도 내장에 종주름들이 40개 정도로 관찰되었으며 상피세포도 키가 큰 A형 섬모원주세포와 점액세포, 망상형세포 그리고 A형 녹색과립세포들만 관찰될 뿐, 효소과립세포에 의한 소화 기능은 확인되지 않아서 *L. stagnalis* (Boer and Kits, 1990)나 *Theba pisana* (Roldan and Garcia-Corrales, 1988)의 연구결과와 일치하였다.

전장을 Roldan과 Garcia-Corrales(1988)는 proximal intestine이라 칭하였고, Boer와 Kits(1990)는 prointestine이라 칭한 바 있다. *Theba pisana* (Roldan and Garcia-Corrales, 1988)는 전장의 내강상피조직에 한 개의 큰 주름과 몇 개의 종주름이 있어 내강을 넓힐 수 있으며, 키가 큰 섬모세포가 발달해 있다고 하였다. 섬모원주세포 사이에는 두 종류의 선세포가 분포해 있는데 하나는 염기성이 강한 동질성의 둥근 과립을 소지한 세포이고, 다른 하나는 중양에는 염기성이 약한 물질이 있고 그 주위에는 염기성이 강한 물질로 둘러싸인 이질성 과립세포라고 하였다. 그러나 본 실험에서는 전장의 내강에 큰 주름이 없어 비교적 매끄러웠으며 내강을 구성하는 상피조직들은 점액세포와 A형 섬모원주세포, B형 섬모원주세포만이 관찰될 뿐 녹색과립세포나 청색과립세포(효소과립)는 거의 관찰되지 않았다. 이로 미루어 전장은 식물체의 저장과 이동에 관여하며, 효소에 의한 소화작용은 거의 없는 것으로 사료되어 Roldan과 Garcia-Corrales (1988), Boer와 Kits(1990)의 연구결과와 같았다.

Theba pisana (Roldan and Garcia-Corrales, 1988)에서는 중장의 내강 벽에 주름이 없어 전장과 구별이 되며, 전장 내강상피조직을 구성하는 세포로는 섬모세포와 미세융모세포, 전자밀도가 높은 과립을 분비하는 세포, 전자밀도가 낮은 과립을 분비하는 세포 등으로 나누는데, 과립들은 합체되어 큰 덩어리를 형성하거나 내강 속으로 분비되는 경우가 많이 관찰된다고 하였다. 또한 섬모세포와 미세융모세포는 2-3개씩 세포들이 모여서 선세포와 더불어 중장의 내강상피조직을 구성한 반면, 특별히 효소에 의한 소화 작용은 언급된 바 없었다. 그러나 Bolognani-Fantin 등(1982)은 *Murex brandaris*의 중장에서 효소분비세포의 존재를 확인했으며 소화작용이 활발하게 일어난 바 있다고 하였다. *I. fruhstorferi*를 재료로 한 본 실험에서도 중장

의 내강 상피조직에서 종주름은 관찰되지 않았으나, 많은 둥근 효소과립을 지닌 청색과립세포로 이루어져 있어 이들의 소화는 주로 중장 내에서 일어나고 있을 것으로 사료되어 Bolognani-Fantin 등(1982)의 결과를 상기시켰다.

Boer 등(1992)은 *L. stagnalis*에서 중장이나 후장은 그 내강조직이 대부분 섬모세포로 구성되어 있고 세포의 기저막 부위도 넓은 미로(basal labyrinth)를 형성하고 있어 소화된 영양 물질이나 물 그리고 이온들의 흡수가 주로 이곳에서 일어난다고 하여(Berridge와 Oschman, 1972), 수뇨관을 구성하는 상피세포와 비슷한 구조와 기능을 가지고 있다고 한 Wendelaar-Bonga와 Boer(1969), Boer와 Witteveen(1980) 등과 유사한 결과를 보였다.

Roldan과 Garcia-Corrales(1988)는 후장의 내강상피조직은 종주름이 없어 중장과 구별되며, 상피조직도 주로 섬모세포와 미세융모세포, 그리고 선세포로 구성되어 있다고 하였다. 또한 Guardobassi와 Ferreri(1953) 그리고 Sumner(1965a, b)는 *Pomatia*에서, Rigby(1963)는 *O. cellarius*에서, Brown (1969)은 *N. obsoletus*의 후장에서 섬모가 없는 원주상 흡수세포와 점액세포 등을 관찰했는데 이들은 흡수기능과 대변 형성기능 외에 삼투압을 조절하는 능력까지도 소지한다고 하였다(Deyrup-Olsen and Martin, 1987). 본 실험에서도 후장의 내강 표면에 큰 주름이 없고 주로 작은 횡주름만이 관찰되며 길이가 긴 섬모세포와 미세융모만이 관찰될 뿐 거의 대부분 점액세포로 이루어져 있어 수분 흡수가 끝난 식물 찌꺼기를 직장으로 이동시키는데 중요한 역할을 수행할 것으로 간주되었다.

직장은 후장과 연결되는 부위로, Roldan과 Garcia-Corrales(1988)는 내강상피조직의 구성이 후장과 비슷하고 종주름만이 관찰될 뿐 비교적 매끄럽다고 하였지만 본 실험에서는 직장의 내강에서 약간의 작은 종주름과 녹색과립세포만 관찰되어, 점액세포만 관찰된 후장과는 다른 양상을 보였다. 이는 식물찌꺼기가 완전히 배설되기 전 마지막 남은 영양물질을 흡수 저장한 것이 아닌가 생각되었다.

요 약

한국산 산민달팽이, *Inclaria fruhstorferi*의 소화관을 부위별로 관찰하고, 소화관 상피조직을 구성하는 세포

의 종류와 분포수 그리고 분비되는 과립 등을 미세구조적, 조직화학적으로 관찰하고 그 결과를 보고하고자 한다.

산민달팽이의 소화관은 식도, 위, 장, 직장 등으로 구성되어 있으며, 식도는 다시 전식도, 소낭, 후식도로 나누어지고, 장은 전장과 중장, 후장 등으로 구분되었다.

소화관을 부위별로 관찰한 결과 섬모원주상피세포 2종, 녹색과립세포 3종, 청색과립세포, 점액세포, 투명세포, 망상형세포 그리고 괴사형세포 등 모두 10종류가 확인되었다.

섬모원주상피세포는 A형과 B형 등 두 종류로 나뉘며, A형은 세포의 상단 자유면에 섬모와 미세융모가 밀생되는데 비해, B형은 전자밀도가 높아서 검게 보이고, 장과 직장에서만 관찰되는 특징을 보였다. 섬모의 구조는 $9 \times 2 + 2$ axoneme이었다.

녹색과립세포는 미세구조에 의해 A형, B형 그리고 C형 등 3종으로 나누어지며, 소낭과 후식도, 위, 직장 에서 주로 관찰되었다. A형과 B형은 Sudan black에 양성인 지방과립($1.36 \times 1.67 \mu\text{m}$)만을 포함하고 있는데 비해, C형은 글리코겐 과립도 포함하고 있었다.

청색과립세포는 10종류의 세포 중 가장 키가 크고 ($35 \mu\text{m}$), Millon 반응에 양성을 보이는 둥근과립(직경, $1.3 \mu\text{m}$)을 포함하고 있는데 과립들은 단백질성으로 확인되었다. 이들은 중장에서만 관찰되었다.

장과 직장에서 주로 많이 관찰되는 점액세포는 세포질 속에 전자밀도가 낮은 투명한 과립과 전자밀도가 높아서 검게 보이는 둥근 과립(크기, $1.33 \times 0.89 \mu\text{m}$)들을 포함하고 있었는데, 이들은 미성숙 시기에는 투명과립(직경, $2.66 \mu\text{m}$)으로 관찰되었다. PAS-alcian blue(pH 2.5) 반응에서 투명과립은 alcianophilia로 나타난 반면, 검은 과립은 PAS에 양성반응을 보이여, 각각 산성점액과 중성점액과립으로 확인되었다.

투명세포는 광학현미경 관찰에서 A형과 B형으로 구분되었으나, A형은 전자현미경 관찰에서 신경내분비세포로 확인된 반면, B형은 지방과립을 소지한 지방저장세포로 각각 확인되었다. 신경내분비세포가 소지한 과립의 크기는 $0.16 \mu\text{m}$ 정도였다.

망상형세포는 주로 위에서 관찰되는 형태가 불규칙한 작은 세포로서 세포질에 비해 큰 핵을 소지하고 있었다. 소량의 세포질 돌기에는 사립체와 과립성 소포체를 포함하고 있었다.

괴사형세포는 후장과 직장에서 주로 많이 관찰되고, 점액세포의 점액과립이 분비된 후, 붕괴되는 과정에서 형성된 것으로 확인되었다.

참 고 문 헌

- Andrews, E.B. (1965) The functional anatomy of the gut of the prosobranch gastropod *Poma canalliculata* and some other Pilids. *Pro. Zool. Lond.*, **145**: 19-36.
- Berridge, M.J. and Oschman, J.L. (1972) Transporting Epithelia. Academic Press, New York.
- Boer, H.H. and Kits, K.S. (1990) Histochemical and ultrastructural study of the alimentary tract of the freshwater snail *Lymnaea stagnalis*. *J. Morphol.*, **205**: 97-111.
- Boer, H.H., Montagne-Wajer, C. van Minnen, J., Ramkema, M. and de Boer, P. (1992) Functional morphology of the neuroendocrine sodium influx-stimulating peptide system of the pond snail, *Lymnaea stagnalis*, studied by in situ hybridization and immunocytochemistry. *Cell Tissue Res.*, **268**: 559-566.
- Boer, H.H. and Witteveen, J. (1980) Ultrastructural localization of carbonic anhydrase in tissues involved in shell formation and ionic regulation in the pond snail *Lymnaea stagnalis*. *Cell Tissue Res.*, **209**: 383-390.
- Bolognani-Fantini, A.M., Bolognani, L., Ottaviani, E. and Franchini, A. (1982) The digestive apparatus of *Murex brandaris* (L.) and *Trunculariopsis trunculus* (L.). *Zeitschrift für Zellforschung und mikroskopische Anatomie*, **96**(4): 561-581.
- Bowen, I.D. (1970) The fine structural localization of acid phosphatase in the gut epithelial cells of the slug, *Arion ater* (L.). *Protoplasma*, **70**: 247-260.
- Brown, S.C. (1969) The structure and function of the digestive system of the mud snail *Nassarius obsoletus* (Say). *Malacologia*, **9**: 447-500.
- Campbell, J.L. (1965) The structure and function of the alimentary canal of the black abalone *Haliotis cracherodii* Leach. *Trans. Am. Micr. Soc.*, 376-393
- Carriker, M.R. (1946) Observations on the functioning of the alimentary system of the pond snail

- Lymnaea stagnalis appresa*, *Say. Biol. Bull.*, **91**: 88-111.
- Demian, E.S. (1964) The anatomy of the alimentary system of *Marisa cornuarietis* (L.). Meddelanden fran Göteborgs Musei Zoologiska Avdelning 138 (Göteborg. K. Vetensk. Vitter Hets-Samh. Handl. Sjötte Följden Ser. B. **9**(7): 1-75.
- Demian, E.S. and Michelson, E.H. (1971) Histochemistry of the epithelial mucins in the alimentary tract of the snail *Marisa cornuarietis*. *J. morph.*, **135**: 213-238.
- Deyrup-Olsen, L., Martin, A.W. (1987) Osmolyti processing in the gut and an important role of the rectum in the land slug, *Ariolimax columbianus* (Pulmonata: Arionidae). *J. Exp. Zool.*, **243**: 33-38.
- Fretter, V. and Graham, A. (1994) British Prosobranch Molluscs. 820 pp. Ray Society, London.
- Ghose, K.C. (1963) The alimentary system of *Achatina fulica*. *Trans. Amer. micr. Soc.*, **82**: 149-167.
- Graham, A. (1932) On the structure and function of the alimentary canal of the limpet. *Trans. R. Soc. Edinb.*, **57**: 287-308.
- Graham, A. (1939) On the structure of the alimentary canal of style-bearing prosobranchs. *Proc. Zool. Soc. Lond., B.*, **109**: 75-112.
- Graham, A. (1941) The oesophagus of the stenoglossan prosobranchs. *Proc. R. Soc. Edinb., B.*, **61**: 1-23.
- Graham, A. (1949) The molluscan stomach. *Trans. R. Soc. Edinb.*, **61**: 737-778.
- Graham, A. (1964) The Functional anatomy of the buccal mass of the limpet (*Patella vulgata*). *Proc. Zool. Soc. Lond.*, **143**: 301-329.
- Graham, A. (1966) The fore-gut of some marginellid and cancellariid prosobranchs. *Stud. Trop. Oceanogr (Miami)*, **4**: 134-151.
- Graham, A. (1973) The anatomical basis of function in the buccal mass of prosobranch and amphineuran molluscs. *J. Zool.*, **169**: 317-348.
- Guardobassi, A. and Ferreri, E. (1953) Istefisiologia dell aparato digerente di *Helix pomatia*, *Archivio Zoologico Italiano*, **38**: 61-156.
- Jeong, K.H., Lee, H.S. and Park, J.A. (1993) Ultrastructures of some selected digestive organs of two Korean freshwater snails. *Korean J. Malacol.*, **9**: 1-16. [in Korean]
- Lutfy, R.G. and Demian, E.S. (1967) The histology of the alimentary system of *Marisa cornuarietis* (Mesogastropoda: Ampullariidae). *Malacologia*, **5**(3): 375-422.
- Mantale, B.M. (1973) Anatomy and histology of the digestive system of the land snail, *Cryptozonia semirugata*. *Marathwada University*, **12**: 205-214.
- Martoja, M. (1964) Contribution a l'étude de l'appareil digestif et de la digestion chez les gastéropodes carnivores de la famille des nassariidés (Prosobranches sténoglosses). *Cellule*, **64**: 235-334.
- Martoja, M. and Thiriou-Quievreux, C. (1975) Données histologiques sur l'appareil digestif et la digestion des Atlantidae (Prosobranchia: Heteropoda), *Malacologia*, **15**: 1-27.
- McLean, N. (1970) Digestion in *Haliotis rufescens* Swainson (Gastropoda: Prosobranchia). *J. expt. Zool.*, **173**: 303-318.
- Rigby, J.E. (1963). Alimentary and reproductive systems of *Oxychilus cellarius* (Müller) (Stylomm.). *Proceedings of Zoological Society of London*, **141**: 311-359.
- Rigby, J.E. (1965) *Succinea putris*: A terrestrial opisthobranch. *Proc. Zool. Soc. Lond.*, **144**: 445-486.
- Roldan, C., Garcia-Corrales, P. (1988) Anatomy and histology of the alimentary tract of the snail *Theba pisana* (Gastropoda: Pulmonata). *Malacologia*, **28**: 119-130.
- Rudman, W.B. (1972) Structure and functioning of the gut in the Bullomorpha (Opisthobranchia) Part 3. Philinidae. *J. nat. Hist.*, **6**: 459-474.
- Runham, N.W. (1975) Alimentary canal. In: Pulmonates. Vol. 1. (ed. by Fretter, V. and Peake, J.). pp. 53-104, *Academic Press, London*.
- Sheridan, R., van Mol, J. and Bouillonm, J. (1978) Etude morphologique du tube digestif de quelques Turridae (Mollusca, Gastropoda, Prosobranchia, Toxoglossa) de la region de Roscoff. *Cahiers de Biologie Marine*, **14**: 159-188.
- Sumner, A.T. (1965a) The cytology and histochemistry of the digestive gland cells of *Helix*. *Q. J. Microsc. Sci.*, **106**: 173-192.
- Sumner, A.T. (1965b) Experiments on phagocytosis and lipid absorption in the alimentary system of *Helix*.

- J. R. Microsc. Soc.*, **84**: 415-421.
- Tillier, S. (1984) Patterns of digestive tract morphology in the limacisation of helicarionid, succineid and aihoracophorid snails and slugs (Mollusca: Pulmonata). *Malacologia*, **25**(1): 173-192.
- Walker, G. (1972) The digestive system of the slug, *Agriolimax reticulatus* (Müller): Experiments on phagocytosis and nutrient absorption. *Proc. Malacol. Soc. Lond.*, **40**: 33-43.
- Wendelaar-Bonga, S.E. and Boer, H.H. (1969) Ultrastructure of the reno-pericardial system in the pond snail *Lymnaea stagnalis*. *Z. Zellforsch.*, **94**: 513-529.
- Wu, S.K. (1965) Comparative functional studies of the digestive system of the muricid gastropods *Drupa ricina* and *Morula granulata*, *Malacologia*, **3**: 211-233.

Received September 20, 1997

Accepted December 11, 1997

Explanation of Figures

Figs. 2 and 3. Light micrographs showing the result of PAS-alcian blue(pH 2.5) reaction.

arrow, mucous cell; G, green granular cell. scale bars= 15 μm , 40 μm .

Figs. 4 and 5. Light micrographs showing the result of Harris hematoxylin-eosin double stain.

asterisk, ciliated epithelial cell; G, green granular cell; M, mucous cell. scale bars= 40 μm , 15 μm .

Figs. 6-13. Light micrographs showing the Various cells of the digestive tract. methylene blue-basic fuchsin double staining.

Fig. 6. Type-A ciliated columnar epithelial cell with cilia(A) and mucous cell(M). scale bar= 15 μm .

Fig. 7. Various cells of the epithelium.

A, type-A ciliated columnar epithelial cell; B, Type-B ciliated columnar epithelial cell; M, mucous cell.
scale bar= 15 μm .

Fig. 8. A number of green granular cells(G). C, clear cell. scale bar= 15 μm .

Fig. 9. Numerous blue granular cells(BU) showing in the epithelium. scale bar= 15 μm .

Fig. 10. Various cells of the epithelium.

A, Type-A ciliated columnar epithelial cell; M, mucous cell. scale bar= 15 μm .

Fig. 11. Numerous green granular cells(G) and reticular-shaped cells(R) are observed in the epithelium.

scale bar= 15 μm .

Fig. 12. Various cells of the epithelium.

C, clear cell; M, mucous cell. scale bar= 15 μm .

Fig. 13. Degenerated cells(D) with cilia(arrow). scale bar= 15 μm .

Figs. 14-16. Electron micrographs showing the type-A, type-B and type-C green granular cell.

N, nucleus. scale bar= 4 μm (Fig. 14), 4 μm (Fig. 15), and 3 μm (Fig. 16).

Fig. 17. Electron micrograph showing the blue granular cell.

N, nucleus. scale bar= 5 μm .

Fig. 18. Electron micrograph showing the mucous forming cell between the thread-like cytoplasm.

arrow, Golgi complex; N, nucleus. scale bar= 4 μm .

Figs. 19-20. Electron micrographs showing the type-A(A), type-B(B) ciliated columnar epithelial cell and mucous

cell(M). scale bar= 4 μm .

Fig. 21. Electron micrograph showing the reticular-shaped cell. N, nucleus. scale bar= 5 μm .

Figs. 22-23. Electron micrographs showing the type-A clear cell(neuroendocrine cell) and type-B clear cell.

arrow, lipid droplet; N, nucleus. scale bars= 3 μm , 1.5 μm .

Figs. 24-25. Electron micrographs showing the upper portion of type-A ciliated columnar epithelial cell with

a number of the microvilli and cilia. arrowhead, mitochondria; open-arrow, rootlet; open-asterisk, basal body. scale bars= 1.5 μm , 1 μm .

Fig. 26. Magnification of Fig. 25. The cilia is 9 x 2 + 2 axoneme. scale bar= 0.2 μm .

