

## 동양달팽이의 소화관에 대한 조직화학적 및 미세구조적 연구

정계현 · 이용석

순천향대학교 자연과학대학 생명과학부

=Abstract=

### Histochemical and Ultrastructural Study on the Digestive Tract of a Land Snail *Nesiohelix samarangae*

Kye-Heon Jeong and Yong-Seok Lee

*Department of Biology, College of Natural Sciences, Soonchunhyang University*

A histochemical and ultrastructural study on the epithelia of some selected digestive tracts such as esophagus, crop, intestine of a land snail *N. samarangae* was carried out during the period of June 1997 to May 1998.

The epithelium of digestive tract are simple columnar epithelium and consisted of five types of columnar cells. Type 1 cell which is majority in number has a brush border with microvilli on the free surface of the cell and contains numerous secretory granules supposed to be neutral mucopolysaccharide. Type 2 cell, elongated conical in shape, is rarely found in the epithelium. This cell also has a brush border with microvilli on its free surface and contains well developed rough surfaced endoplasmic reticulum, Golgi bodies, and secretory granules in various electron densities. This cell seems to produce both of acid and neutral mucopolysaccharides. Type 3 cell, which is morphologically similar to the Type 1 cell, has microvilli and cilia on the free surface and exists in group only in the limited regions of the intestine. Type 4 cell, typical goblet cell containing secretory granules in high electron density. Type 5 cell rarely found in the digestive tract. This cell contain inconspicuous materials.

**Key words:** snail, *Nesiohelix samarangae*, Digestive tract, Histochemistry, Ultrastructure

### 서 론

연체동물의 소화기관에 대한 연구는 일반적으로 연

체동물의 방대한 종 수에 비하여 대체적으로 미진한  
편이나 해부학적 및 형태학적 연구에서는 전새복족류  
(prosobranch gastropods)의 소화기관을 대상으로  
Wu(1965), Lutfy와 Demian(1967), Brown(1969),  
Demian과 Michelson(1971), Martoja와 Thiriot-  
Quievreux(1975), Sheridan 등(1978), Bolognani-Fantin

본 연구는 1998년도 교육부 기초과학연구소 학술연  
구조성비지원으로 수행되었음

등(1982)이 수행한 바 있고, 유폐류(pulmonate)의 소화기관에 관하여는 Carriker(1946a, b), Ghose(1963), Rigby(1963), Walker(1972), Bowen(1970), Rolden과 Garcia-Corrales(1988), Boer와 Kits(1990) 등이 역시 해부학적 또는 광학현미경적 연구를 수행하였다. 복족류의 소화기관에 관한 전자현미경적 연구는 Graves 등(1979)이 후새복족류(opisthobranchia)인 *Alderia modesta* 와 *Elysia chlorotica* 의 소화선(digestive diverticula)을 대상으로 한 보고와 정계현 등(1993)이 한국산 담수 복족류 2종(*Parafossarulus manchouricus* 와 *Radix auricularia coreana*)의 소화관에 대하여 미세구조적 연구 결과를 밝힌 바 있으며, 정계현과 이용석(1997)에 의해 소화관중 위의 미세구조 및 조직화학적 연구가 수행된바 있다.

본 연구에서는 동양달팽이의 소화관(digestive tract) 중 식도, 소낭 및 장의 상피에 대하여 조직화학적실험을 실시하여 상피세포 함유물들의 성분을 밝히는 동시에 미세구조를 밝히고자 수행되었다.

## 재 료 및 방 법

실험 대상 동물은 육상패류인 동양달팽이(*Nesiohelix samarangae*)로서 이는 유폐아강(Pulmonata), 달팽이과(Bradybaenidae)에 속하며 강원도 평창군 미탄면 마하리에서 채집하여 실험 기간 동안 연구실에서 단기간 사육한 것이다. 실험 재료는 동양달팽이의 소화관(digestive tract) 중 식도, 소낭 및 장으로서 마취를 하지 않은 상태에서 해부·적출하여 사용하였다.

조직화학적 연구를 위하여는 시료를 10% neutral buffered formalin 및 paraformaldehyde에 12시간 고정 한 후 일반적인 방법에 따라 파라핀에 포매한 후 microtome을 이용하여 7 $\mu$ m의 두께의 절편을 만들었다. 그 후 세포질의 성분을 확인하기 위하여 여러 가지 방법의 염색법이 수행되었다. 일반적인 구조 관찰을 위하여 Harris 방법에 따른 Hematoxylin & Eosin 이중 염색을 실시하였으며, mucopolysaccharide를 함유한 세포를 관찰하기 위하여 PAS 염색 및 Mucicarmine 염색법이 수행되었다. 점액성분을 가지고 있는 세포중 acid mucopolysaccharide를 가지고 있는 세포만을 판

별하기 위하여 Alcian blue 및 PAS-Alcian blue, Colloidal iron을 사용한 염색법이 수행되었다. 장상피 세포의 장 표면의 구조를 관찰하기 위해 주사전자현미경(SEM)을 이용하였는데 관찰을 위한 시료는 3% glutaraldehyde(0.1M phosphate buffer)으로 고정된 시료를 0.1M phosphate buffer로 세척하고 alcohol-amyacetate 과정을 거쳐 탈수한 뒤 건조기로 건조 후 100 Å 두께로 gold-coating하여 JSM-5410 LV 주사전자현미경(SEM)으로 관찰하였다. 한편 미세구조 관찰을 위해서는 투과전자현미경(TEM)을 이용하였는데, 관찰을 위한 시료는 해부하여 적출한 후 phosphate buffer(pH 7.4)로 완충된 4°C의 2.5% paraformaldehyde-3% glutaraldehyde로 전고정하고 동일 완충액으로 세척하여 1% OsO<sub>4</sub>로 2 시간 동안 후고정 한 후 ethyl alcohol 과정을 통하여 탈수 한 후, acetone을 치환제로 하여 Spurr mixture에 포매한 후 열증합 한 후 ultramicrotome을 이용하여 초박절편을 얻어 uranyl acetate와 lead citrate로 이중 염색하여 전자현미경(JEM-1010)으로 관찰하였다.

## 결 과

### 1. 조직화학적 연구결과

절편된 조직을 광학현미경으로 관찰한 결과 소화관의 상피는 세포의 유리표면에 미세융모를 가진 원주세포들로 구성되어 있었으며, 세포의 형태 및 함유물질의 특성에 따라 5가지 type의 세포로 나뉘어 졌다. Type 1 세포들은 전반적으로 보아 가장 많이 존재하는 세포들로서, 핵을 세포 전장의 중앙에 가지고 있었으며, 핵의 상하 세포질 내에는 과립상 물질이 존재하였다(Fig. 1). 이 세포들의 유리표면에는 많은 미세융모들이 있었다. Type 2 세포들은 모양이 원추형이어서 세포의 상단부 또는 하단부가 절편에서 관찰되지 않는 경우가 많았으며 핵의 위치는 세포 전장의 중앙에서 기저부쪽으로 치우쳐 존재하였다. 이 세포는 그 수가 다른 Type의 세포들에 비해 유의할 만큼 적었다(Fig. 2). Type 3 세포는 광학현미경에서는 관찰되지 않았으나 Type 1 세포와 같은 형태에 섬모를 가지고 있는 점이 다르며, Type 4 세포는 saccular 또는 goblet cell의 형태를 띠고 있었으며, 이들의 세포핵은 세포 전장의 중앙부에서 기저부쪽으로 약간 아래쪽에 위치하였으며 세포질에는 많은 과립을 함유하고 있었다(Figs.

4-10). Type 5 세포들의 형태는 Type 4 세포와 유사하나, mucicarmine으로 염색시 세포질이 염색이 잘 되지 않아 투명하게 관찰되었으며, 핵은 적색으로 염색되었다(Figs. 11-12).

Hematoxylin & eosin 염색결과 소화관에 대다수로 존재하는 Type 1 세포들의 경우 세포질이 적색으로 염색되었으며, 세포첨단 및 기저부는 연한 적색으로 염색되었다. 다른 종류의 세포들의 경우에는 모두 세포질이 자색으로 염색되었는데 그 반응정도만 조금씩 다르게 염색되었다(Fig. 1).

PAS 염색에서 Type 1 세포의 세포질은 적색으로 염색되었으며, 핵은 청색으로, 세포의 첨단과 기저부는 적색으로 염색되었다. Type 2 세포들의 세포질은 적자색으로 강하게 반응하였으며, 핵은 청색으로 염색되었다. 세포의 기저부 역시 적색으로 염색되었다(Fig. 2). Type 4 세포의 경우 세포질, 첨단, 기저부 모두 적자색으로 반응하였는데 세포질이 Type 1 세포들에 비해 좀더 강하게 반응하여 적자색으로 염색되었다. 세포의 기저부 및 세포의 첨단은 Type 1 세포들과 마찬가지로 붉은색으로 염색되었다(Fig. 4). Type 5 세포들의 경우에는 세포질이 거의 투명할 정도로 염색이 되지 않았으나, 세포 첨단 및 기저부는 다른 세포들과 마찬가지로 붉은색을 띄었다.

PAS-Alcian blue(pH 2.5) 이중염색에서 Type 1 세포들의 세포질은 적색으로 염색되었으며, 세포의 첨단 및 기저부는 밝은 청색으로 염색되었다. Type 2 세포들의 세포질은 밝은 청색으로 염색되었으며, 세포질의 일부에 적색이 혼재하였으며 세포의 기저부 쪽으로 치우쳐 있는 핵은 붉은색으로 염색되었다(Fig. 3). 세포들의 유리표면은 Type 1 세포와 마찬가지로 청색으로 반응하였으며, Type 4 세포들은 Type 2 세포와 비슷한 양상으로 염색되었으나, 전체적으로 조금 더 강하게 반응하였다(Figs. 4, 9, 10).

Colloidal iron 염색시 Type 1 세포들의 핵은 진한 적색으로 염색되었으며, 세포의 첨단과 기저부에 직면한 세포질부분은 세포핵과 마찬가지로 진하게 염색되었으나, 나머지 부분은 연한 적색으로 염색되었으며, 세포의 첨단과 기저부는 청색으로 염색되었다. Type 4 세포들의 경우 세포질이 밝은 청색으로 염색되었으며, 세포핵은 적색으로 염색되었다(Figs. 6, 7, 8).

Mucicarmine 염색시 세포질이 투명하게 염색되지 않는 Type 5 세포를 제외한 다른 세포들은 염색정도

만 조금씩 다르게 모두 적색계통으로 염색되었다.(Figs. 11, 12)

## 2. 주사전자현미경 관찰결과

주사전자현미경으로 동양달팽이 소화관을 관찰한 결과 장상피세포의 장 내강 쪽의 세포들은 미세융모를 가지고 있는 세포, 섬모를 가지고 있는 세포, 미세융모와 섬모를 동시에 가지고 있는 세포들로 구성되어 있었다. 식도와 소낭에서는 전체적으로 미세융모만을 가지고 있는 세포들로 구성되어있었으며 섬모를 가지고 있는 세포는 관찰되지 않았다. 미세융모의 길이는 약 0.4 - 0.5  $\mu\text{m}$  내외였으며, 세포의 경계면에는 미세융모가 관찰되지 않아서 세포의 경계가 구분되어 관찰되었다. 위장에서는 전체적으로 미세융모만을 가지고 있는 세포들이 우세하게 많았으며, 이세포들 사이에 섬모와 미세융모를 동시에 가지고 있는 세포가 가끔씩 관찰되었다(Fig. 19). 장의 시작부는 위장과 마찬가지로 전체적으로 미세융모만을 가지고 있는 세포들이 우세하게 많았으며, 미세융모와 섬모를 동시에 가지고 있는 세포가 군데군데 분포하였고(Figs. 22, 23), 중간부위는 섬모를 많이 포함하고 있는 세포들이 다수 관찰되었으며(Figs. 24, 25), 장이 끝나는 부분에 이르러서는 세포의 표면에 길이가 10  $\mu\text{m}$  내외의 섬모를 듬성듬성 가지고 있는 세포들이 관찰되었다(Figs. 26, 27).

## 3. 투과전자현미경 관찰 결과

Type 1 세포들은 일반적으로 세장하고 상피세포들의 대부분을 이루고 있는 세포들이며 세포의 중앙에는 장 타원형의 핵을 가지고 있었다. 세포의 유리표면(free surface)에는 미세융모를 가지고 있고 핵의 상하 세포질에는 다양한 크기(-2.0  $\times$  2.8  $\mu\text{m}$ )의 난원형 분비과립들이 조밀하게 차 있었다(Figs. 28, 33, 39). 이 과립들의 전자밀도는 세포질에 비하여 낮아 밝았으며, 과립들 사이사이로는 조면소포체가 관찰되었고, 세포 상단부의 세포질 내에서는 많은 수의 미토콘드리아가 관찰되었다(Figs. 9-12). 상피세포들은 이웃한 세포들과 밀착연접(tight junction)과 접착대(zonula adherence) 및 열극연접(gap junction) 등으로 상호 연결되어 있었다(Fig. 44).

Type 2 세포들은 수많은 Type 1 세포들 사이에 가끔씩 개재한 다소 원추형의 원주세포로서 역시 세포의 유리표면에는 미세융모가 존재하였다. 세포질의 전자밀도는 다소 높은 편이고 핵은 세포의 중앙에서 약간

하향한 위치에 존재하였다. 세포질에는 잘 발달된 조면소포체로 가득하고 조면소포체의 내강은 부풀어 있는 경우가 많았다. 또한 세포질에는 골지체가 잘 발달하였고, 모양과 크기가 다양하나 대체로 구형, 난형 및 다각형의 분비과립( $-1.0 \times 1.5 \mu\text{m}$ )들이 존재하였다(Fig. 43). 이 과립들은 Type 1 세포들 내의 과립들보다는 전자밀도가 비교적 높아 중 정도의 전자 밀도를 나타내었다. Type 4 세포들은 별다른 세포소기관이 관찰되어지지 않는 배상세포로써 전자밀도가 높은 과립들로 가득 차 있었다(Figs. 26, 31, 32, 37, 45).

Type 5 세포들은 Type 1 세포와 유사하나 세포질의 전자밀도가 낮으며, 전자밀도가 낮은 과립을 약간 포함하며, 미토콘드리아를 다량으로 함유하고 있었다(Figs. 37, 41).

## 고 찰

동양달팽이의 소화관 상피에 대하여 조직화학적 관찰을 실시한 바에 의하면 소화관의 상피는 단층원주상피로서 이를 구성하고 있는 세포들은 다섯가지의 유형 즉, Type 1, Type 2, Type 3, Type 4, Type 5으로 분류되었으며 이들의 유리표면에는 한결같이 미세융모가 발달하였는 바 이 미세융모들의 길이( $0.8 \mu\text{m}$ )는 최우렁이, *Parafossarulus manchouricus*(정계현 등, 1993)의 장 상피의 미세융모의 길이( $0.5 \mu\text{m}$ )보다는 약간 긴 셈이고, 거머리, *Erpobdella lineata*(장남섭, 1994)의 위 상피에서 관찰한 미세융모의 길이( $0.2 \mu\text{m}$ )보다는 훨씬 길었으나, 빈모류인 *Cambarrcola macrodonta*(Jennigs와 Gelder, 1979)의 위상피에서 관찰된 미세융모의 길이( $1.5 \mu\text{m}$ )보다는 짧은 것으로 관찰되었다. 미세융모가 발달한 것으로 미루어 보아 상피세포들은 공히 어느 정도의 물질 흡수기능을 가지고 있는 것으로 생각된다.

상피세포 중 수적으로 주종을 이루는 Type 1 세포들은 세포질 내에 다량의 분비과립들을 내포하고 있는 바 이 세포들에 대한 Alcian blue(pH 2.5) 염색에서 세포질은 별 반응을 보이지 않았으나, 핵은 적색으로 염색되었고 세포질의 유리표면은 밝은 청색으로 세포들의 첨단부 세포질은 옅은 적색을 보였다. 산성점액 다당류와 중성점액 다당류를 확인하기 위한 PAS-Alcian blue(pH 2.5) 이중염색에서 Type 1 세포들은 세포질이 적자색으로 염색되었고 핵은 염색되지

않았다. 세포들의 유리표면은 청색으로 반응하였고 세포의 첨단부 선조연은 일반 세포질보다 강한 적자색을 보였다(Figs. 3, 5). PAS 염색에서 Type 1 세포들은 세포질이 전반적으로 적자색으로 반응하였고 핵은 청색으로 반응하였다(Figs. 2, 4). 이상의 조직화학적 소견에 의하면 Type 1 세포는 중성 점액다당류임을 알 수 있다. 모양이 원추형인 Type 2 세포들의 경우 PAS 염색에서 핵은 청색으로 염색되었으며 세포질, 기저부, 첨단부는 적자색으로 반응하였다(Fig. 2). 산성다당류의 확인을 위한 PAS-Alcian-blue 염색시에 세포질은 청색으로 반응하였으며, 적색으로 반응한 부분도 조금 혼재하였다(Figs. 3, 5). 세포유리표면은 세포질과 마찬가지로 밝은 청색으로 염색되었으며, 기저부의 경우에는 조금씩 붉은색이 혼재하는 경우도 있었다(Fig. 3). 이상으로 보아 Type 2 세포는 산성 점액다당류와 중성 점액다당류를 함께 포함하고 있음을 알 수가 있었다. Type 3 세포는 광학현미경 관찰에서는 구분되어 관찰되어지지 않았으나 전자현미경 관찰결과 Type 1 세포와 같은 양상을 보이거나 점모를 가지고 있는 것이 다르다. Type 4 세포는 PAS 염색에서 적색으로 염색되었으며(Fig. 4), Alcian blue 및 PAS-Alcian blue 이중염색에서 세포질이 Type 2 세포보다 더 강하게 반응하였다. 세포의 첨단 및 기저부 또한 세포질과 마찬가지로 청색으로 염색되었다. 이상의 결과로 보아 Type 4 세포 또한 산성점액 다당류를 가지고 있음을 알 수 있었다(Fig. 5). Type 5 세포는 염색이 잘되지 않았으나 내부에 과립을 가지고 있는 것은 관찰할 수 있었다.(Figs. 1, 12) Type 3 세포들은 위로부터 소화관으로 연결되는 통로가 되는 고랑 등에서 발견되는 바 이는 Type 1 세포들에 비하여 분비과립들을 보다 적게 지니고 있었다. 이들은 장관 내에서 점액을 포함한 유체의 흐름에 기여할 것이라고 보는 바 이러한 의견은 일찍이 Carriker(1946), Owen(1955), Morton(1960), Smith(1967), Lufti와 Demian(1967), Ponder(1970), Rudman(1972a, b) 및 Roldan과 Garcia-Corrales(1988) 등도 피력한바와 같이 본 저자들도 그들의 의견에 동의하고 있다. 점모세포의 수는 최우렁이 *Parafossarulus manchouricus*와 물달팽이 *Radix auricularia coreana*(정계현 등, 1993)의 식도나 장에서 보다 적은 것으로 관찰되었으나, 주사전자현미경 관찰 결과 점모세포의 수는 위와 장의 시작부에서는 별로 많지 않았고 중반부부터는 급격하게 증가하는 양상을

보이며, 장의 말단부에서는 조금 줄어드는 것으로 관찰되었다. 위에서의 섬모의 길이는 4  $\mu\text{m}$  정도였으며, 상의 시작부에선 6  $\mu\text{m}$  중반부에서는 7  $\mu\text{m}$  장의 말단부에서는 10  $\mu\text{m}$  정도로 소화기관의 말단으로 갈수록 점점 길어지는 양상을 보였다. Owen(1956)은 Nuclidae(Lamellibranchia)의 소화선(digestive gland) 관찰 조건에서 상피세포들이 일정한 모습을 유지하고 있는 것이 아니라 분비환(secretory cycle)에 따라 모습이 변할 것을 시사하였는 바 본 연구에서도 이러한 상황일 것으로 사료는 되지만 구체적으로 확인은 할 수 없었다. 다만 위 상피세포들의 생성물 배출 방법은 선세포내에 이렇다 할 파괴적인 현상이 일어나지 않는 분비 방식이며 가장 보편적인 방식인 부분분비(merocrine secretion) 또는 누출분비(eccrine secretion) 방식인 것으로 사료된다.

## 결 론

동양달팽이(*Nesiohelix samarangae*) 소화관중 식도, 소낭 및 장의 상피조직의 특성을 알고자 조직화학적 및 미세구조적 연구를 시도한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

동양달팽이 소화관의 상피조직은 단층원주세포들로 구성되어있으며 이들은 세포의 형태와 기능에 따라 다섯 가지 유형의 세포들로 분류되었다. Type 1 세포는 수적으로 가장 많은 세장한 원주 세포로서 유리표면에는 미세융모를 지니고 있고 세포질 내에는 분비과립이 다량 내포되어 있는 바 이들은 중성점액다당류일 것으로 사료된다. Type 2 세포는 Type 1 세포들의 사이에 드물게 관찰되는 다소 긴 원추형인 원주세포로서 유리표면에는 미세융모가 있고, 세포질은 전자밀도가 비교적 높으며, 조면소포체와 골지체가 매우 발달되었고, 전자 밀도가 서로 다른 다양한 형태의 과립들이 혼재하는 세포로서 분비물의 성분은 주로 산성 점액 다당류이고 중성 점액 다당류도 동시에 분비하는 것으로 사료된다. Type 3 세포는 Type 1 세포와 그 내용물이 근본적으로 같으나 유리표면에 미세융모와 섬모를 함께 가지고 있는 점이 달랐다. 이 유형의 세포는 극히 제한된 부위에서만 존재한다. Type 4 세포는 배상세포로써 산성점액 다당류를 함유하고 있었으며, Type 5 세포는 세포질의 전자밀도가 비교적 낮고 미토콘드리아가 많이 분포하는 세포로써 광학현미경 관찰시 과립

을 포함하기는 하나 염색이 잘 되지않았다.

소화관을 부위별, 세포의 형태를 조직화학적 및 미세구조적인 방법에 의해 분류한 결과 다음과 같이 분포하는 것으로 관찰되었다. crop 에는 Type 1, 4, 5 세포들이, 식도에는 Type 1, 2, 4 세포들이, 그리고 장에는 Type 1, 2, 3, 4, 5 세포들이 분포하는 것으로 관찰되었다.

## 참고문헌

- Boer, H.H. and Kits, K.S. (1990) Histochemical and ultrastructural study of the alimentary tract of the freshwater snail *Lymnaea stagnalis*. *Journal of Morphology*, 205(1): 97-111.
- Bolognani-Fantin, A.M., Bolognani, L., Ottaviani, E. and Franchini, A. (1982) The digestive apparatus of *Murex brandaris*(L.) and *Trunculariopsis trunculus* (L.). *Zeitschrift fur Zellforschung und mikroskopische Anatomie*, 96(4): 561-582.
- Bowen, I.D. (1970) The fine structure localization of acid phosphate in the epithelial cells of the slug *Arion ater* L. *Protoplasma*, 70: 247-260.
- Carriker, M.R. (1946a) Morphology of the alimentary system of the snail *Lymnaea stagnalis appressa* Say. *Transactions of the Wisconsin Academy of Science, Art and Letters*, 38: 1-88.
- Carriker, M.R. (1946b) Observations of the alimentary system of the snail *Lymnaea stagnalis appressa* Say. *Biological Bulletin of the Marine Biological Laboratory, Wood's Hole*, 91(1): 88-111.
- Clark, G. (1980) Staining Procedures. Fourth Edition, Williams & Wilkins, pp. 512, Baltimore, London, Los Angeles, Sydney.
- Demian, E.S. and Michelson, E. (1971) Histochemistry of the epithelial mucins in the alimentary tract of the snail *Marisa comuarietis*. *Journal of Morphology*, 135: 213-238.
- Ghose, K. (1963) The alimentary system of *Achatina fulica*. *Transactions of the American Microscopical Society*, 82: 149-167.
- Graves, D.A., Gibson, M.A. and Bleakney, J.S. (1979) The digestive diverticula of *Alderia modesta* and *Elysia chlorotia* (Ophisthbranchia:Sacoglossa). *Veliger*, 21(4): 415-422.

- Humason, G.L. (1979) *Animal Tissue Technique*. Fourth Edition, W.H. Freeman and Company, pp. 661, Sanfrancisco.
- Jennigs, J.B. and Gelder, S.R.(1979) Gut structure feeding and gigestion in the Branchiobdellid *Oligochaeta Cambarrcola macrodonta* Ellis 1912. An ectosymbiote of the freshwater cray fish *Procambarus clarkii*. *Bilo. Bull.*, 156: 300-314.
- Luffy, R.G. and Demian E.S. (1967) The histology of the alimentary system of *Marisa cornuarietis* (Mesogastropoda: Ampullariidae). *Malacologia*, 5(3): 375-422.
- Martoja, M. and Thiriot-Quievreux, C. (1975) Donnes histologiques sur l'appareil digestif et la digestion des Atlantidae (Prosobranchia: Heteropoda). *Malacologia*, 15: 1-27.
- Morton, J. E. (1960) The functions of the gut in ciliary feeders. *Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc.*, 35: 92-140.
- Owen, G. (1956) Observations on the stomach and digestive diverticula of the Lamellibranchia. *Quarterly Journal of Microscopical Science*, 97(4): 541-567.
- Ponder, W.F. (1970) The morphology of *Alcithoe arabica* (Gastropoda) *Malacological Review*, 3: 127-165.
- Rigby, J.E. (1963) Alimentary and reproductive systems of *Oxychilus cellarius* (Muller) (Stylomm.). *Proceedings of the Zoological Society of London*, 141: 311-359.
- Roldan C. and Garcia-Corrales, P. (1988) Anatomy and histology of the alimentary tract of the snail *Theba pisana* (Gastropoda: Pulmonata). *Malacologia*, 28(1-2): 119-130.
- Rudman, W.B. (1972a) Structure and functioning of the gut in the Bullomorpha (Opisthobranchia), Part II. Acteonidae. *Journal of Natural History*, 6: 311-324.
- Rudman, W. B. (1992b) Structure and functioning of the gut in the Bullomorpha (Opisthobranchia), Part 3. Philinidae. *Journal of Natural History*, 6: 459-474.
- 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.
- Smith, E.H. (1967) The neogastropod stomach, with notes on the digestive diverticula and intestine. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 67(2) : 23-42.
- Walker, G. (1972) The digestive system of the slug *Agriolimax reticulatus* (Muller): experiments on phagocytosis and nutrient absorption. *Proceeding of the Malacological Society of London*, 40: 33-43.
- Wu, S.K. (1965) Comparative functional studies of the digestive system of the muricid gastropods *Drupa ricina* and *Morula granulata*. *Malacologia*, 3: 211-233.
- 문교부 (1990) 한국동식물도감. 제3권 동물편(연체동물 1), p. 375, 국정교과서주식회사, 서울.
- 장남섭 (1994) 한국산 거머리(*Erpobdella lineata*) 소화관의 미세구조. *한국전자현미경잡지*, 24(3): 34-45.
- 정계현, 이훈섭, 박종안 (1993) 한국산 담수 복족류 2종의 소화기관에 관한 전자 현미경적 연구. *한국패류학회지*, 9(1): 1-16.
- 정계현, 이용석 (1997) 동양달팽이 *Nesiohelix samarangae* 위에서의 Cellulase 활성에 대한 세포화학적 및 면역세포화학적 연구. *한국패류학회지* 13(2): 161-173
- 정계현, 이용석 (1997) 동양달팽이의 위에 대한 조직화학적 및 미세구조적 연구. *한국패류학회지*, 13(2): 175-184.

---

Received November 3, 1998

Accepted December 10, 1998

Corresponding author: Jeong, Kye-Heon

Tel: (82) 418-530-1249; e-mail: jngkh@asan.sch.ac.kr

## EXPLANATIONS OF FIGURES

**Figs. 1-12.** Light micrographs of the epithelium in digestive tract.

**Fig. 1.** The esophagus epithelium stained with hematoxylin and eosin. The nuclei of the cells are stained purple and the cytoplasm of Type 2 cells are stained purple.  $\times 400$

**Fig. 2.** The intestine epithelium stained with PAS. The nuclei of the cells are stained blue and the cytoplasm of Type 1 cells are stained red and the cytoplasm of Type 2 cells are stained purple.  $\times 400$

**Fig. 3.** The esophagus epithelium stained with a double stain, PAS-Alcian blue. The cytoplasm of Type 1 cells are stained red and the cytoplasm of Type 2 cells are stained partially blue and red.  $\times 400$

**Fig. 4.** The crop epithelium stained with PAS. The cytoplasm of Type 1 cells are stained with red and the cytoplasm of Type 4 cells are stained with light purple.  $\times 400$

**Fig. 5.** The crop epithelium stained with a double stain, PAS-Alcian blue. The cytoplasm of Type 1 cells are stained with red and the cytoplasm of Type 4 cells are stained with blue.  $\times 400$

**Fig. 6.** The esophagus epithelium stained with Colloidal iron. The cytoplasm of the Type 4 cells are stained with light blue.  $\times 400$

**Fig. 7.** The crop epithelium stained with a double stain, PAS Alcian blue(Decolorization step takes double time than specimen of Fig. 5). The cytoplasm of the Type 4 cells are stained blue. Basement membranes of the epithelial cells stained partially red and blue.  $\times 400$

**Fig. 8.** The crop epithelium stained with Colloidal iron. The cytoplasm of the Type 4 cells are stained with blue.  $\times 400$

**Fig. 9.** The intestine epithelium stained with a double stain, PAS Alcian blue. The cytoplasm of the Type 4 cells are stained with blue.  $\times 400$

**Fig. 10.** Enlarged image of Type 4 cell of Fig. 9. Type 4 cell containing many secretoty granules.  $\times 400$

**Fig. 11.** The intestine epithelium stained with Mucicarmin. Type 5 cells are not stained.  $\times 400$

**Fig. 12.** Enlarged image of Type 5 cell of Fig. 11.  $\times 400$

**Figs. 13-15.** Scanning electron microscopic view of the luminal surfaces of the esophagus.

**Figs. 16-18.** Scanning electron microscopic view of the luminal surfaces of the crop.

**Figs. 19-21.** Scanning electron microscopic view of the stomach surface that possess cilia and microvilli.

**Figs. 22-23.** Scanning electron microscopic view of the intestine surface that possess cilia and microvilli.

**Figs. 24-25.** Scanning electron microscopic view of the ciliated surface of intestine.

**Figs. 26-27.** Scanning electron microscopic view of the intestine surface that possess cilia and microvilli.

**Figs. 28-32.** Electron micrographs of the esophagus epithelium

- Fig. 28.** Type 4 cell(T4) is located between the Type 1 cells(T1). Majority of the epithelial cells are Type 1 cells. ×2,000
- Fig. 29.** Basal protoplasmic membranes of the epithelial cells infolded much into the upper cytoplasm.
- Fig. 30.** The Nuclei of the Type 1 cell.
- Fig. 31.** Type 4 cell(T4) containing numerous secretory granules.
- Fig. 32.** Type 4 cell(T4) is located between the Type 1 cells(T1).
- Figs. 33-36.** Electron micrographs of the crop epithelium
- Fig. 33.** Type 1 cells containing numerous secretory granules(SG).
- Fig. 34.** Basal protoplasmic membranes of the epithelial cells infolded much into the upper cytoplasm.
- Fig. 35.** The Nuclei of the Type 1 cell.
- Fig. 36.** Type 5 cell containing many mitochondria and this cell's cytoplasm was low electron density.
- Fig. 37.** Type 5 cell containing many mitochondria and this cell's cytoplasm was low electron density.
- Fig. 36.** Type 4 cells are typical goblet cell. This cell containing numerous secretory granules.
- Figs. 39-45.** Electron micrographs of the intestine epithelium
- Fig. 39.** Type 1 cells containing numerous secretory granules(SG) and microvilli(MV).
- Fig 40.** Type 1 cells containing numerous secretory granules and the nuclei of Type 1 cells are high electron dense.
- Fig. 41.** Type 5 cell(T5) is situated between the Type 1 cells(T1). Type 5 cells are possess many mitochondria
- Fig. 42.** Basal protoplasmic membranes of the epithelial cells infolded much into the upper cytoplasm. Muscle layers developed under the basement membrane(BM).
- Fig. 43.** Type 2 cells(T2) situated between the neighbouring Type 1 cells. The cytoplasm is full with developed RER, Golgi bodies(G) and secretory granules.
- Fig. 44.** Type 5 cells(T5) Apical cytoplasm of the epithelial cells showing the cell junctions such as tight junction(TJ), zonula adherence(ZA), and gap junction(GJ). Numerous mitochondria(M) are situated in the apical cytoplasm.
- Fig. 45.** Type 4 cell in epithelium of intestine.

PLATE I

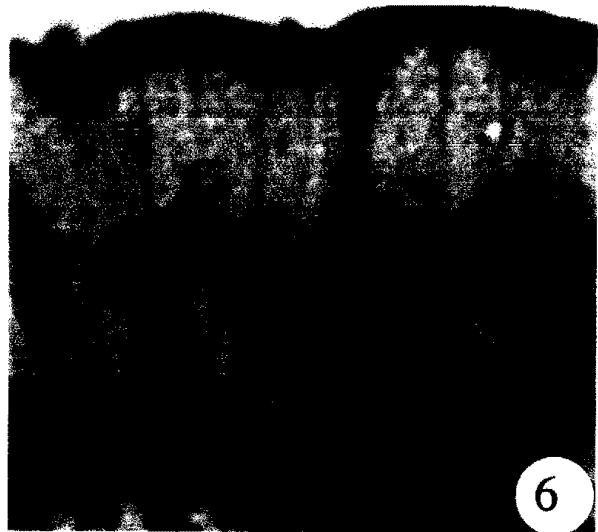
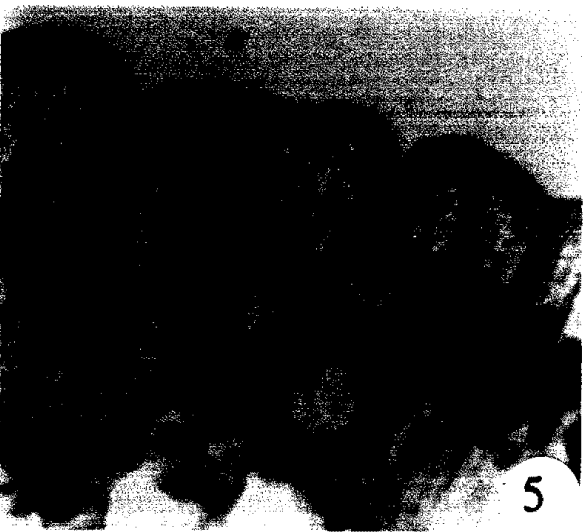
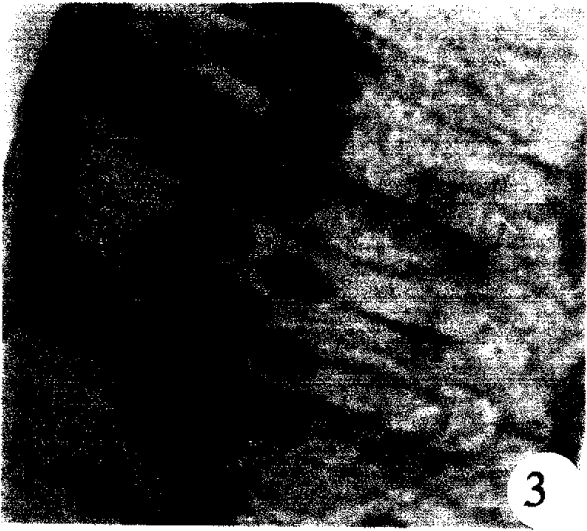
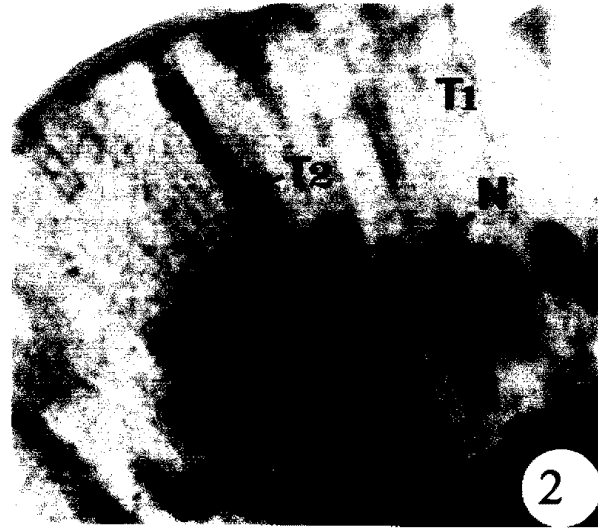


PLATE II

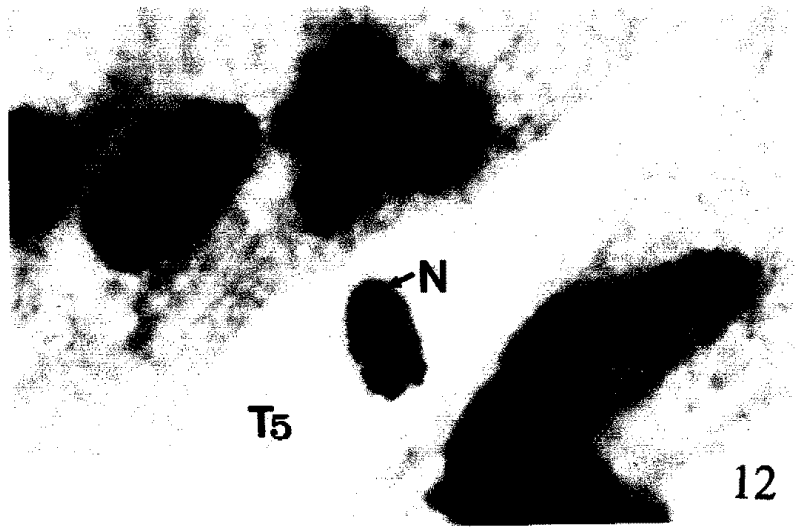
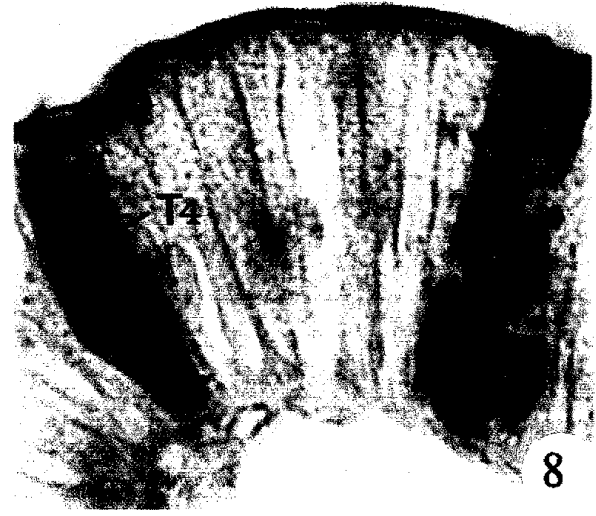


PLATE III

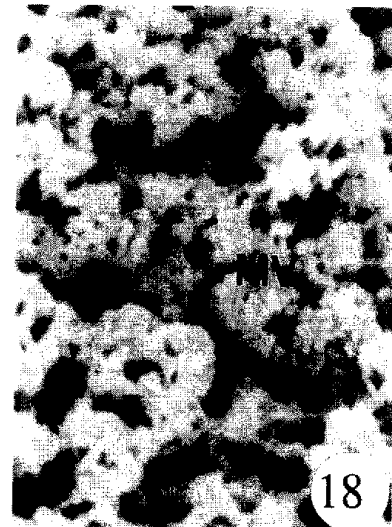
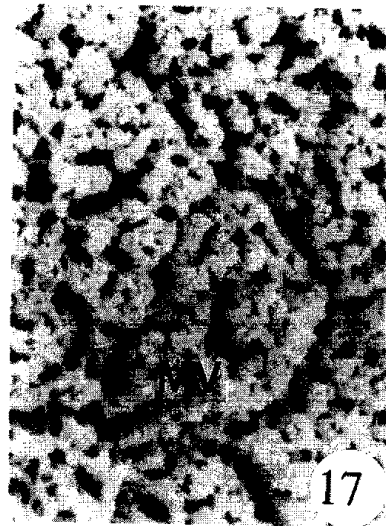
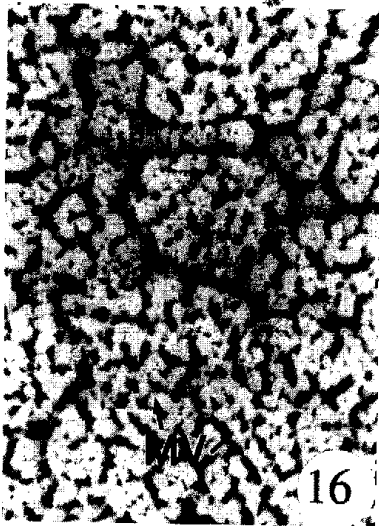
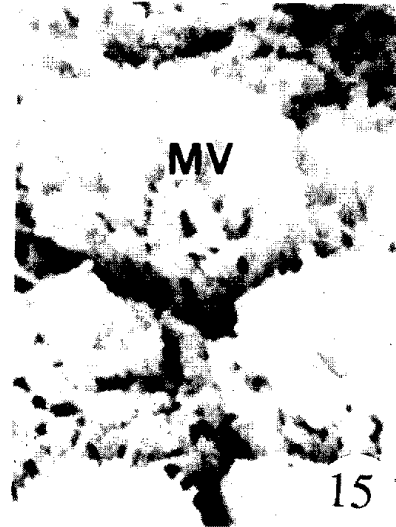


PLATE IV

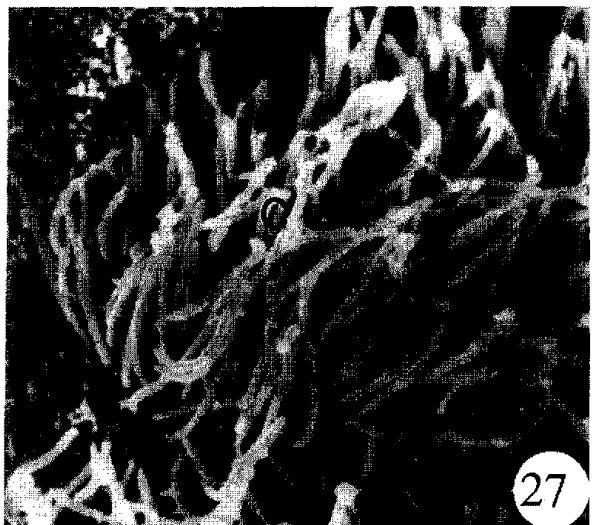
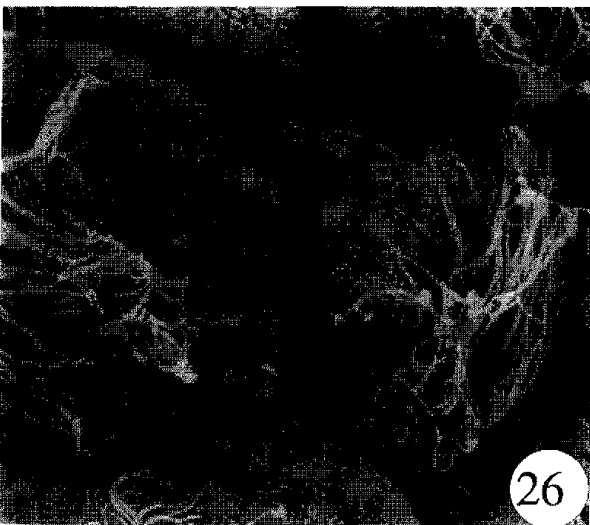
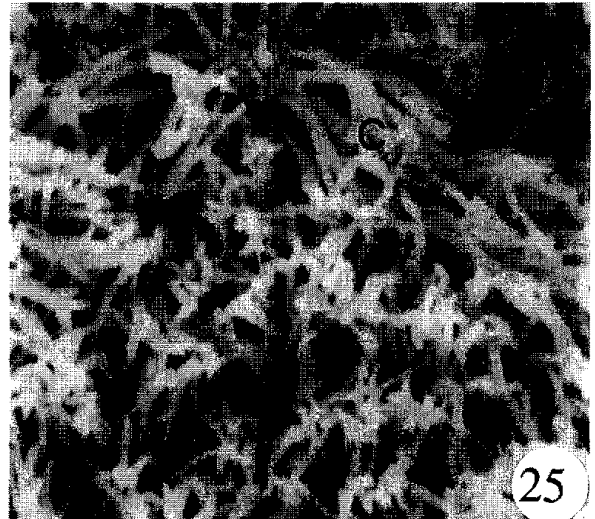
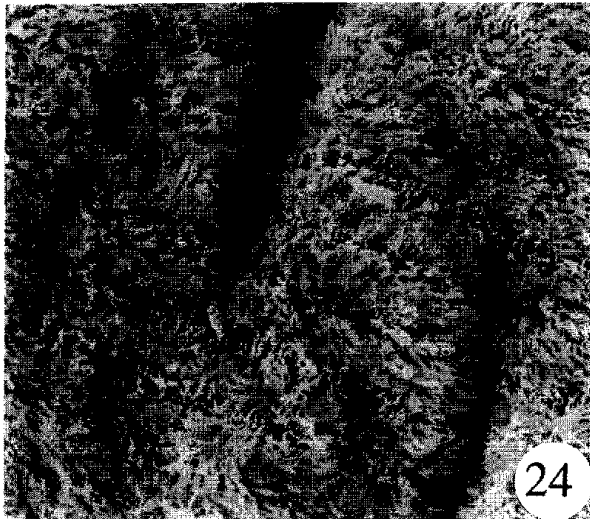
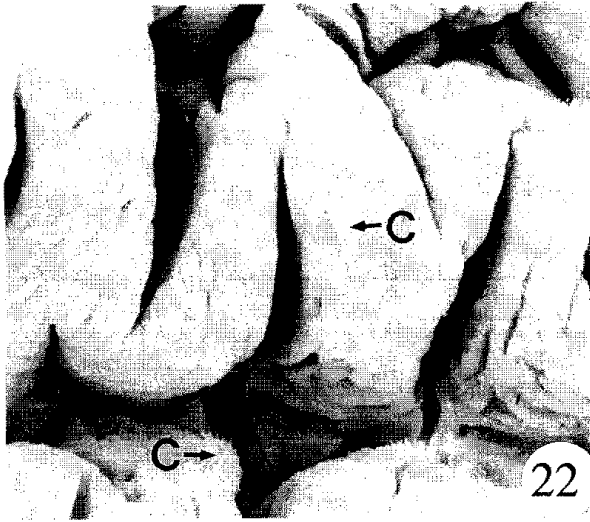


PLATE V

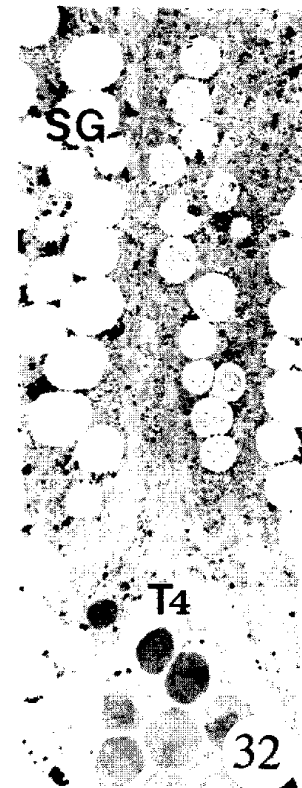
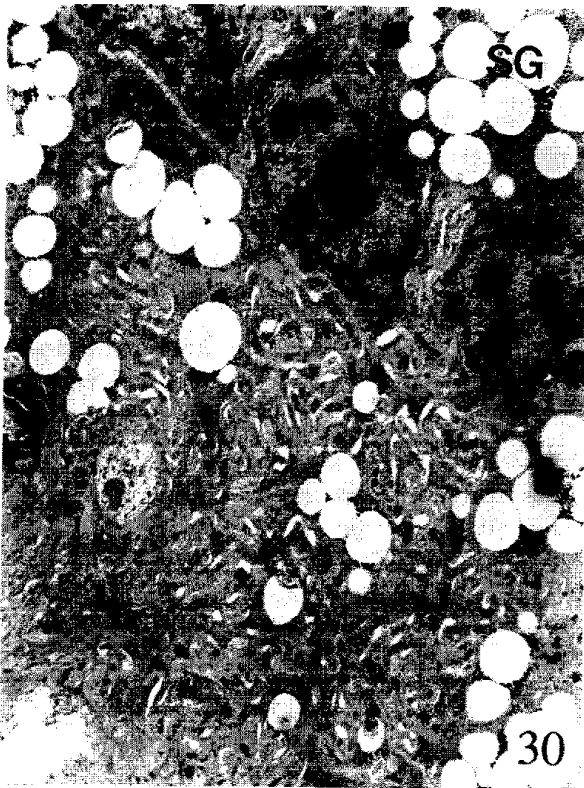
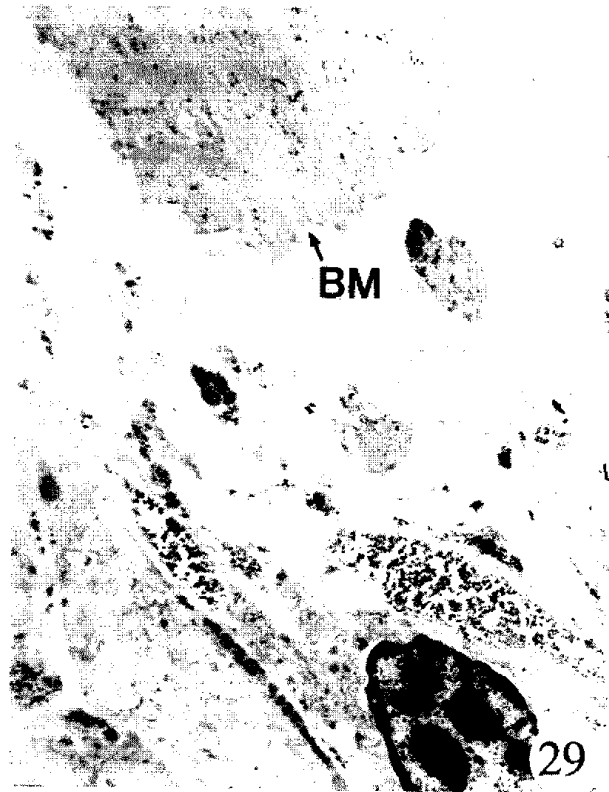
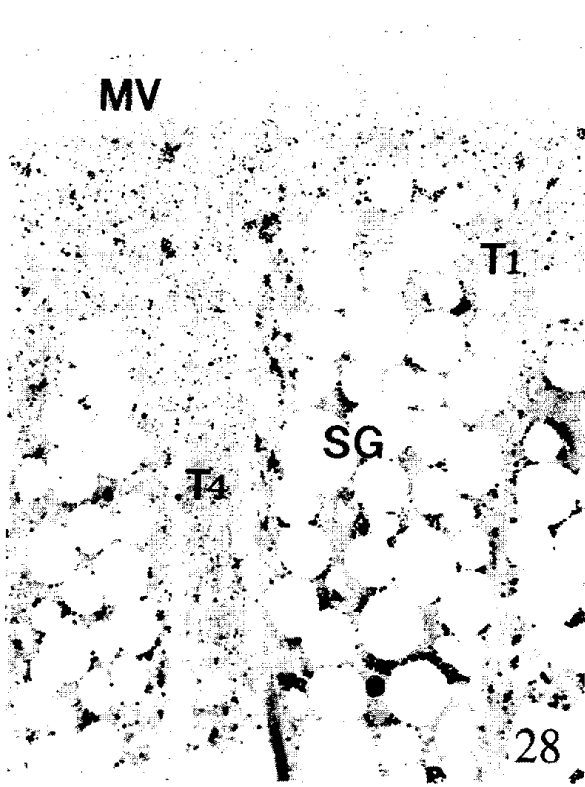


PLATE VI

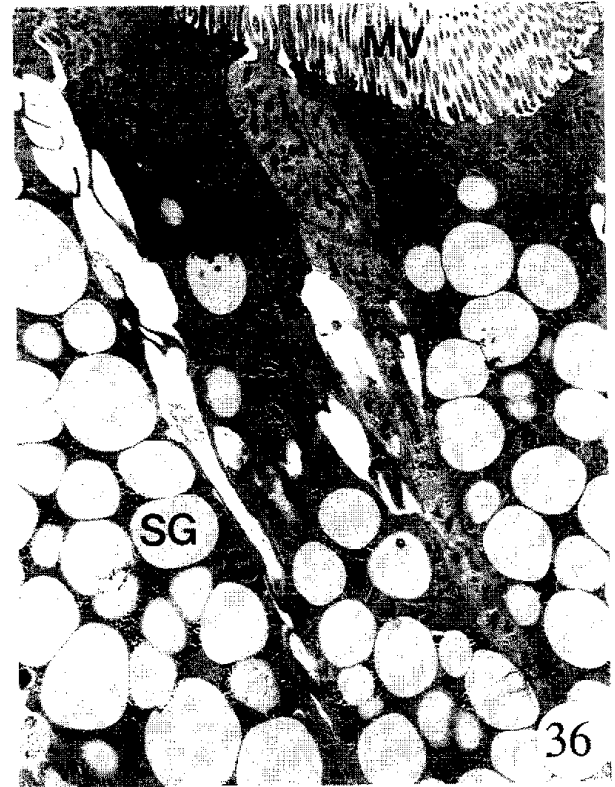
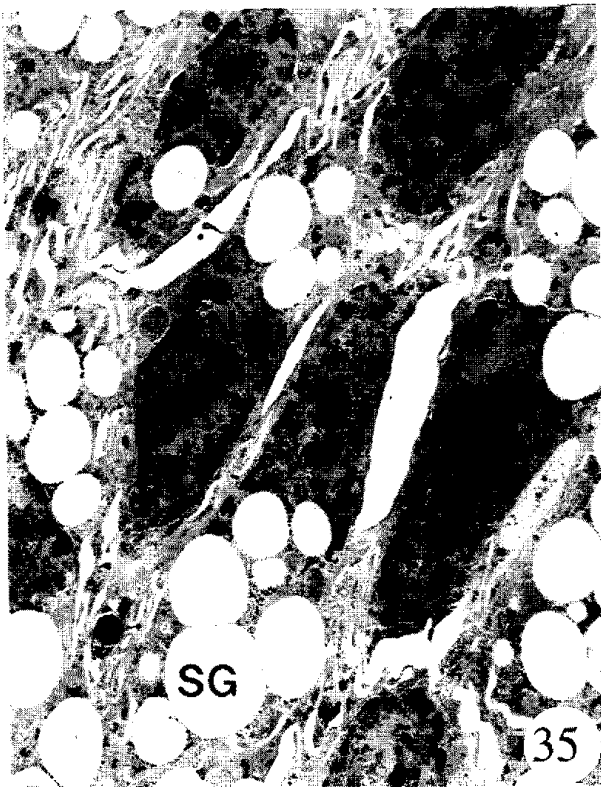
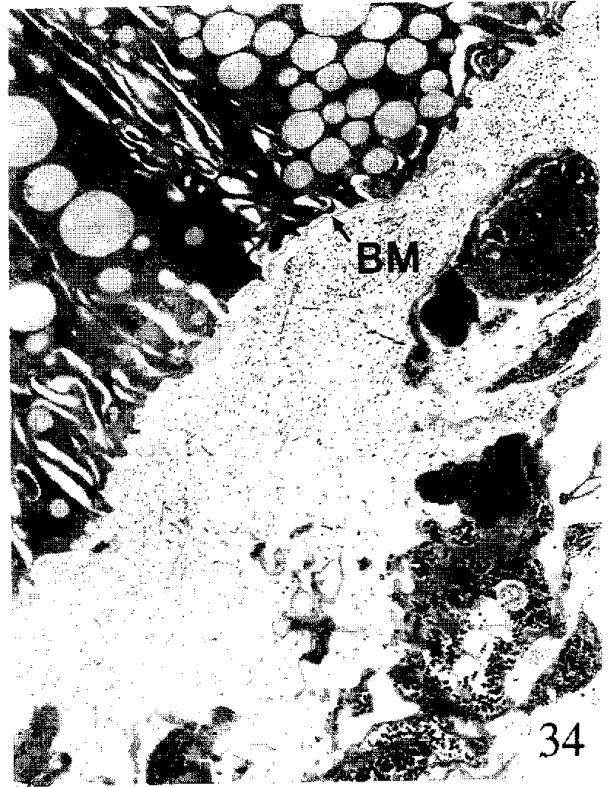
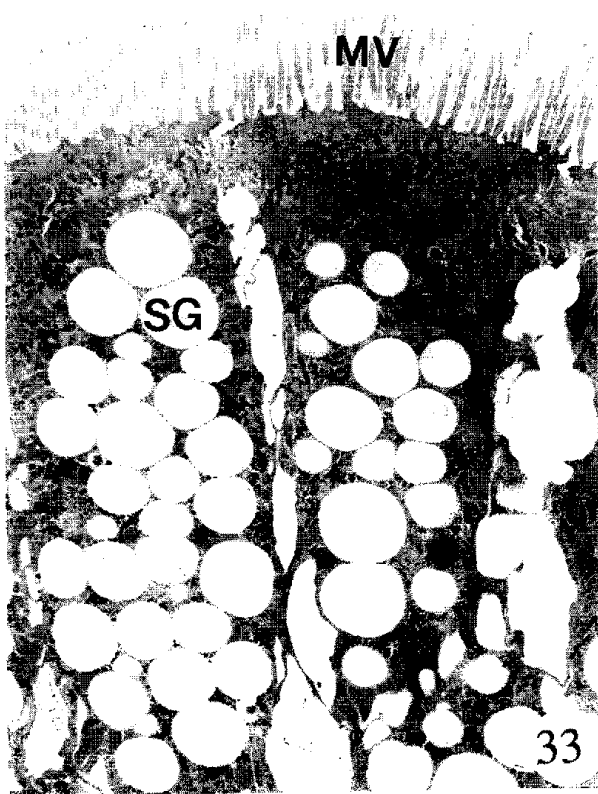


PLATE VII

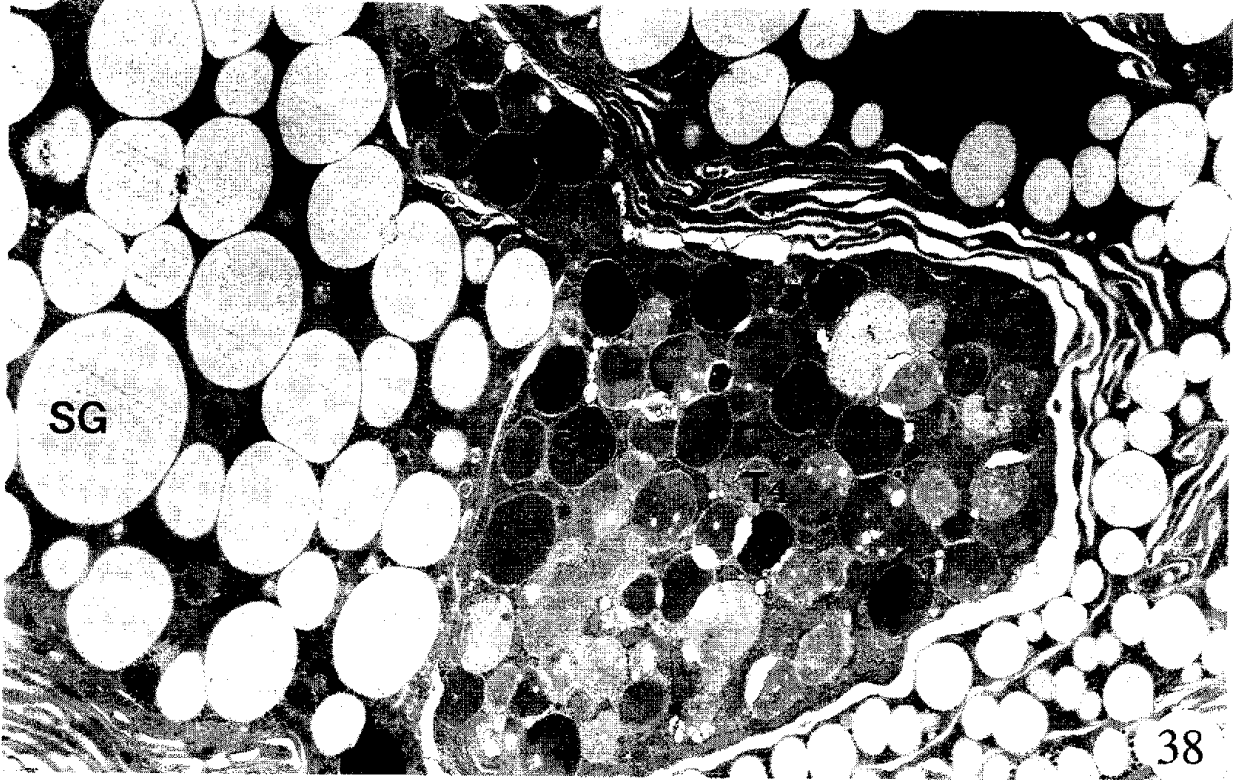


PLATE VIII

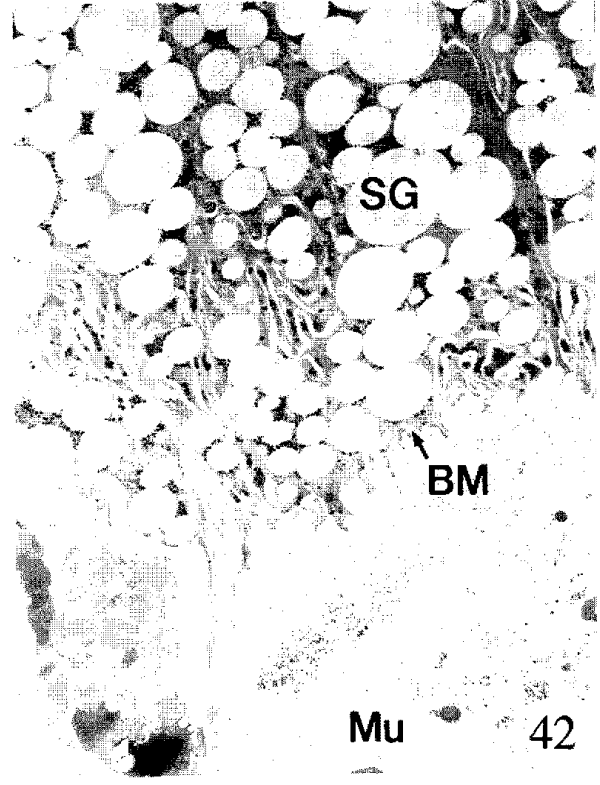
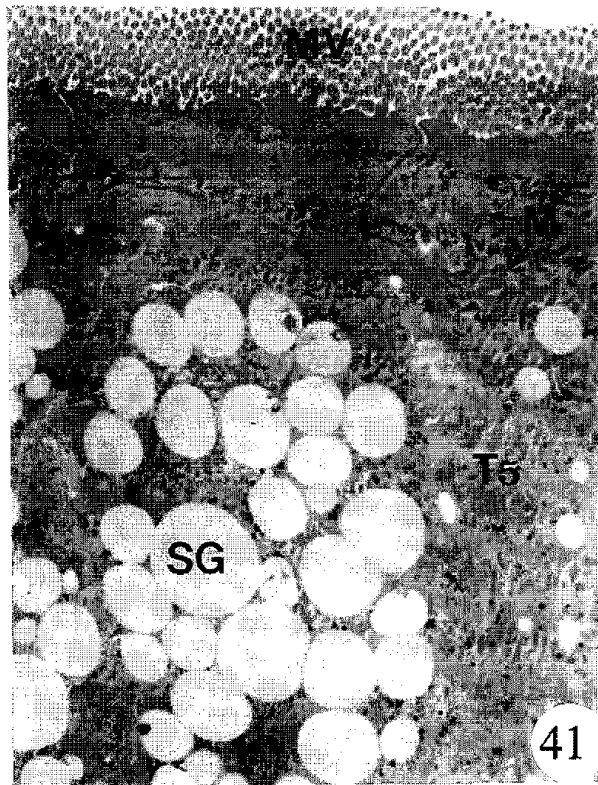
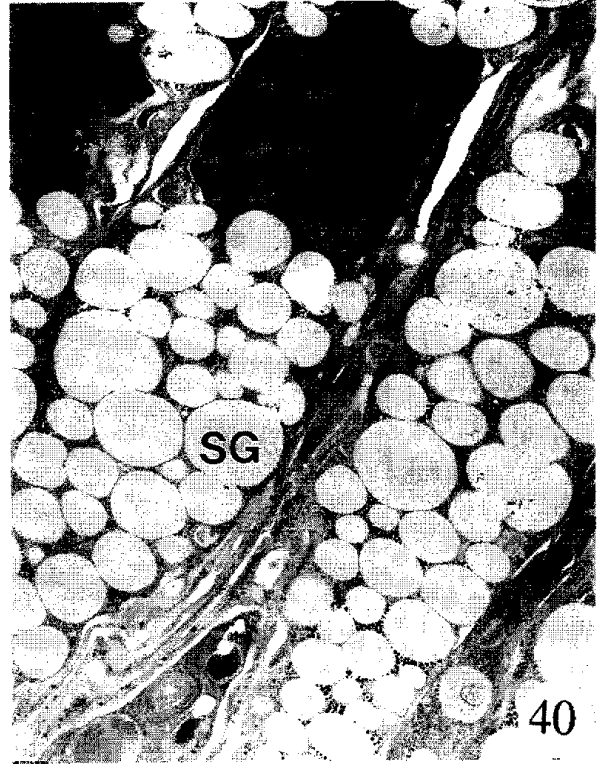
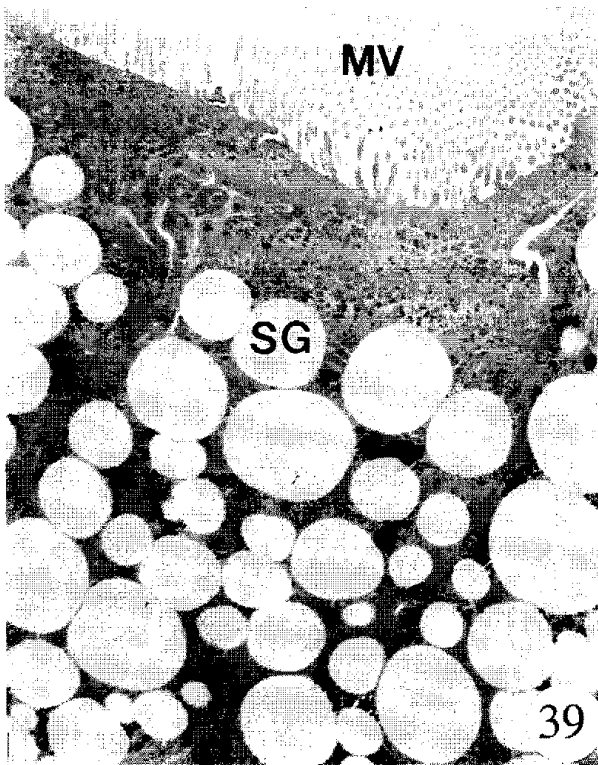


PLATE IX

