

## 소라 (*Batillus cornutus*) 외투막의 미세구조

정귀권, 박정준<sup>1</sup>, 진영국<sup>1</sup>, 주선미<sup>1</sup>, 이재우<sup>1</sup>, 정애진<sup>1</sup>, 이정식<sup>1</sup>

관산고등학교, 전남대학교 수산생명의학과<sup>1</sup>

### Mantle Ultrastructure of the Spiny Top Shell, *Batillus cornutus* (Gastropoda: Turbinidae)

Gui Kwon Jung, Jung Jun Park<sup>1</sup>, Young Guk Jin<sup>1</sup>, Sun Mi Ju<sup>1</sup>, Jae Woo Lee<sup>1</sup>, Ae Jin Jung<sup>1</sup> and Jung Sick Lee<sup>1</sup>

Gwansan High School, Jangheung 529-875, Korea

<sup>1</sup>Department of Aqualife Medicine, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

---

#### ABSTRACT

The histochemical characteristics and ultrastructure of the mantle in the spiny top shell, *Batillus cornutus* were described using light and electron microscopy. The simple epidermal layer wrapped on the top and bottom of the centrally located connective tissue. And then the epidermal layer were divided into the outer epidermal layer near a shell and the inner epidermal layer closed to the visceral mass. The connective tissue layer was composed of the collagen fiber muscularfiber bundle and hemolymph sinus. Mucous cells in the apical mantle contained acid and neutral mucopolysaccharide, and acidic carboxylated mucopolysaccharide in the mid and marginal mantle. The mantle thickness, epidermal layer thickness and hemolymph sinus area displayed a trend of reduction from the marginal zone to the apical zone. From TEM observation, it was possible to distinguish epithelium, ciliated cell, absorptive cell and secretory cell in the epidermal layer. The epithelia were columnar and the nucleus was elliptical. The free surface were covered with microvilli. The lateral membranes of epithelium was connected with neighboring cells by the zonular occludens, zonular adherens and membrane interdigitation. Ciliated cell on free surface had cilia and microvilli, and numerous mitochondria in the apical cytoplasm. In the epidermal layer, it observed 2 type cells having absorptive function. The absorptive cells were columnar in shape, and contained microvilli, pinocytotic vesicles, mitochondria and lysosomes of various electron density. Secretory cells can be divided into four types (A, B, C, D) depending on the cell shape and characteristics of secretory granules. These cells were unicellular glands and had similar characteristics to previously reported on the mantle of the gastropod and bivalves.

---

**Keywords:** *Batillus cornutus*, Mantle, Histochemical analysis, Ultrastructure.

## 서 론

복족류의 외투막은 패각의 안쪽에 위치하며, 내장낭을 덮고 있다. 패각을 가진 연체동물에서 패각이 외부 자극에 대한 일차적 보호기관이라면, 외투막은 외부 자극에 생물학적으로 처음 반응하는 기관계로서 자극을 외투강 기관계와 내장 기관계에 전달함과 동시에 외투강 기관계를 이차적으로 보호하는 기능을 한다 (Neff, 1972a, b; Bubel, 1984; Morrison, 1993; Voltzow, 1994).

복족류 피부계의 외투막에 관한 연구는 *Helisoma duryi eudiscus*의 외투막 발달 (Kapur and Gibson, 1968), 복족류 22종의 산성물질 분비에 대한 연구 (Thompson, 1969), 연체동물 외투막 가장자리의 진화와 형태학적 비교 (Stasek and McWilliams, 1973), *Paludina vivipara*의 외투막 분비선에 대한 연구 (Ottaviani, 1978) 그리고 복족류 외투막의 결합조직에 관한 미세구조적 연구 (Bairati *et al.*, 2001) 등이 있다.

소라속 (*Batillus*)에 속하는 복족류는 태평양, 인도양, 대서양 등의 온대해안으로부터 열대해안에 걸쳐 광범위하게 분포하고 있다 (Yoo, 1988). 소라 (*Batillus cornutus*)는 한국의 제주연안과 동해 남부지역, 일본의 남부해역 그리고 중국 황해연안에 서식하는 종으로 우리나라에서는 전복과 함께 중요한 식용자원 복족류로서 산업적으로도 매우 중요한 위치에 있다.

본 연구는 광학 및 전자현미경적 연구를 통하여 소라의 외투막을 기재하여 다른 복족류 및 이매패류의 외투막과 비교하고자 하였다.

## 재료 및 방법

본 연구에 사용된 소라 (*Batillus cornutus*)는 2005

Received December 20, 2007; Accepted April 13, 2008

Corresponding author: Park, Jung Jun

Tel: +82 (61) 659-3172 e-mail: jungjun515@hanmail.net

1225-3480/23215

년 6월 전라남도 완도읍 청산면 모도리 연안에서 다이버에 의해 채집된 각고 60.0~69.9 mm의 성체들이었다. 각각의 개체는 측정형질을 계측한 후 패각을 제거하고 고정하여 외투막을 각정부, 중간부, 가장자리부로 나누어 조직표본을 제작하였다 (Figs. 1, A and B).

광학현미경 표본제작은 재료를 Bouin's solution에 일정시간 고정한 후 paraffin 절편법으로 두께 4~6  $\mu\text{m}$ 의 연속절편을 제작하여 Mayer's hematoxylin과 0.5% eosin (H-E) 비교염색, Masson 삼중염색, periodic acid-Schiff's solution (PAS) 반응, alcian blue and periodic acid-Schiff's solution (AB-PAS, pH 2.5) 반응, alcian blue (pH 1.0) 반응 그리고 aldehyde fuchsin and alcian blue (AF-AB) 반응을 실시하였다. 투과전자현미경 (TEM) 조직표본 제작은 2.5% glutaraldehyde (phosphate buffer, pH 7.5) 용액으로 전고정하였으며, 1% osmium tetroxide ( $\text{OsO}_4$ )로 4°C에서 2시간 동안 후 고정한 다음 0.1 M phosphate buffer로 세척하고 ethanol로 단계별 탈수하여 포매하였다. 그리고 semithin section 후 두께 70 nm의 ultrathin section을 uranyl acetate와 lead citrate 용액으로 이중염색하여 TEM (JEM-1200EX II, JEOL)으로 관찰하였다.

조직표본의 조직화학적 반응 후 점액세포의 염색친화도 판정은 Pantone® Formula Guide (Pantone Inc. USA)를 기준으로 하였으며, 반응색깔은 ( )안에 Pantone® Formula Guide의 고유기호를 표시하였다. 화상분석장치 (IMT, Visus, USA)를 이용하여 상피층의 두께와 혈림프동, 점액세포의 면적을 정량화하였다.

## 결 과

소라의 외투막을 각정부, 중간부, 가장자리부로 나누어 보았을 때, 외투막은 부위에 관계없이 가운데 결합조직층을 상피층이 위아래로 둘러싸고 있는 구조였으며, 상피층은 내장 기관계 쪽을 향하고 있는 내부상피층 (inner epidermal layer)과 패각 쪽의 외부상피층 (outer epidermal layer)으로 구분된다. 상피층에

의해 둘러싸인 결합조직층은 주로 결체성 조직과 근섬유다발로 구성되며, 혈림프동 (hemolymph sinus)이 발달하고 있었다 (Fig. 1C).

소라 외투막의 상피층은 단층으로 원주형 상피세포와 점액세포로 구성되어 있었다. 외투막 상피층의 두께는 내부상피층이 평균 24~26  $\mu\text{m}$ 였는데, 중간부가 26  $\mu\text{m}$ 로 가장 두껍고, 외부상피층은 각정부에서는 평균 39  $\mu\text{m}$ , 중간부에서는 38  $\mu\text{m}$ , 가장자리부위에서는 31  $\mu\text{m}$ 로 측정되었다 (Fig. 4).

점액세포들은 H-E 염색 (Figs. 2A, 3A)과 Masson 삼중염색에서는 공포상으로 나타났다 (Figs. 2B, 3B). 각정부 외부상피층에 분포하는 점액세포들은 PAS 반응에서 붉은색 (243c)을 나타냈다. 각정부의 내부상피층에 분포하는 점액세포들은 AB-PAS (pH 2.5) 반응에서 역시 붉은색 (243c)과 푸른색 (279c)으로 반응하는 산성 및 중성 점액다당류를 함유하고 있었다. 각정부의 상피층 사이에 위치하는 결합조직층에는 잘 발달된 혈림프동이 존재하는 반면 근섬유다발은 미약하게 관찰되었다 (Figs. 2B, 3B).

외투막 중간부의 외부상피층에 분포하는 점액세포들은 AB-PAS (pH 2.5) 반응 결과, 푸른색 (279c)으로 반응하는 산성 점액다당류를 함유하고 있었으며 (Fig.

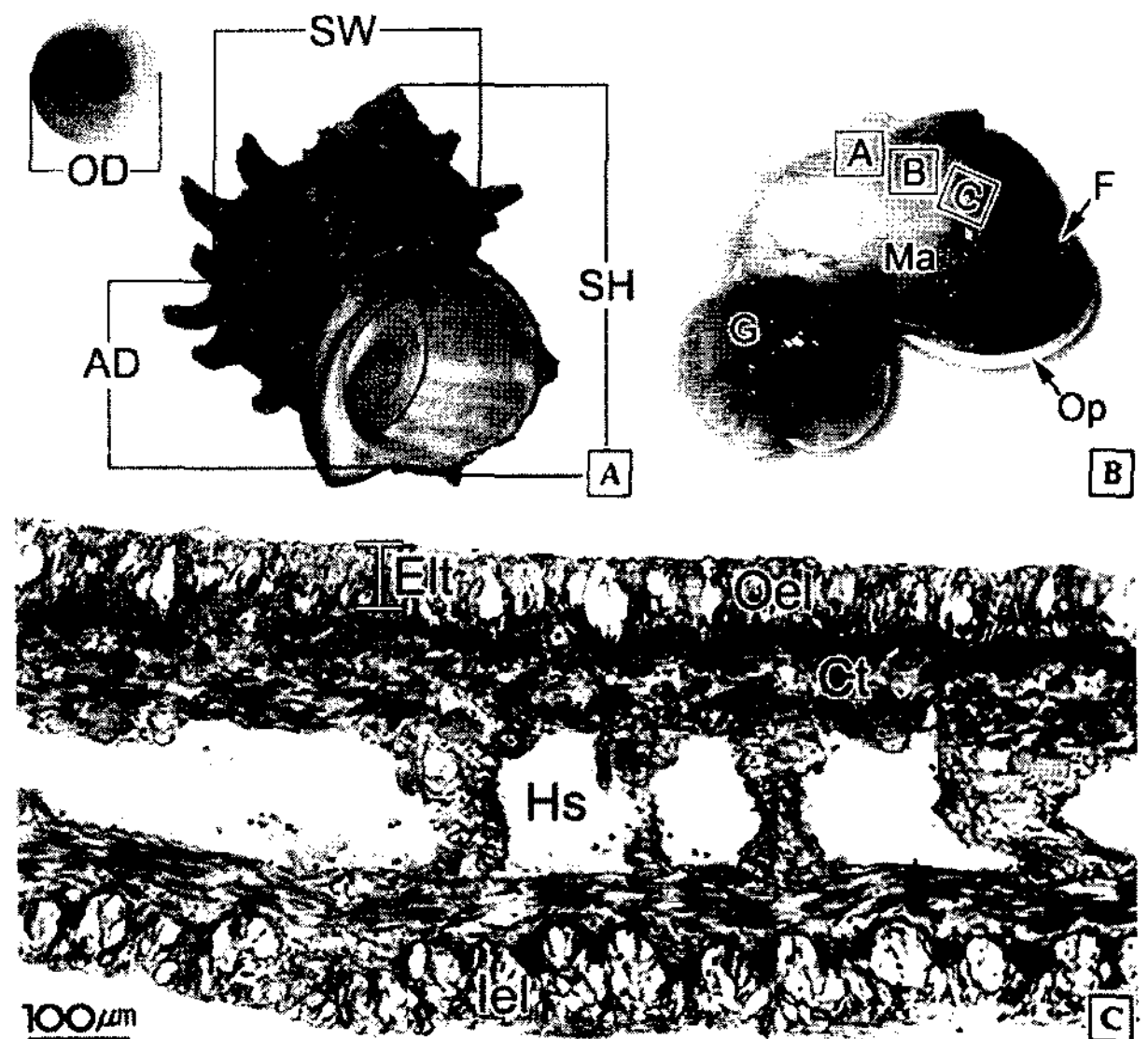


Fig. 1. Morphology and mantle of the spiny top shell, *Batillus cornutus*. A: Outer morphology and morphometric characters of the shell. B: Morphology and sampled zone of the mantle. C: Showing the hemolymph sinus (Hs) in connective tissue (Ct) covered with inner (Iel) and outer epidermal layer (Oel). Masson trichrome stain. A, apical zone; AD, aperture diameter; B, mid zone; C, marginal zone; Elt, epidermal layer thickness; F, foot; G, gonad; Iel, inner epidermal layer; Ma, mantle; OD, opercular diameter; Op, operculum; Oel, outer epidermal layer; SH, shell height; SW, shell width.

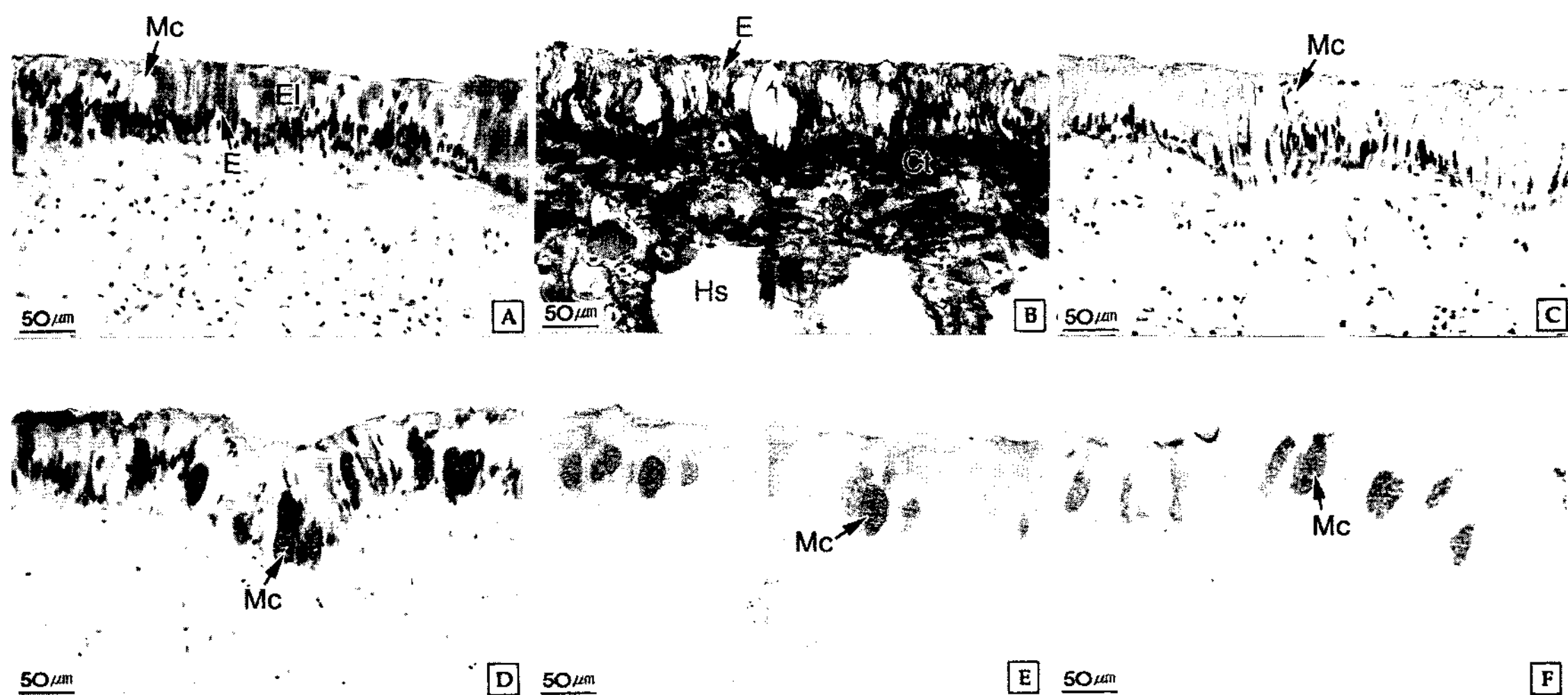


Fig. 2. Histological and histochemical feature in the outer epidermal layer of the spiny top shell, *Batillus cornutus*. A: Apical zone. Section showing the vacuolar mucous cells (Mc), H-E stain. B: Apical zone. Section showing the hemolymph sinus (Hs) in connective tissue (Ct), Masson's trichrome stain. C: Apical zone. Section showing the mucous cell of Schiff's solution positive, PAS reaction. D: Mid zone. Section showing the mucous cells of alcian blue positive in epidermal layer (El), AB-PAS (pH 2.5) reaction. E: Mid zone. Section showing the mucous cell of alcian blue positive, Alcian blue (pH 1.0) reaction. F: Mid zone. Section showing the mucous cells of alcian blue positive, AF-AB reaction. E: epithelium.

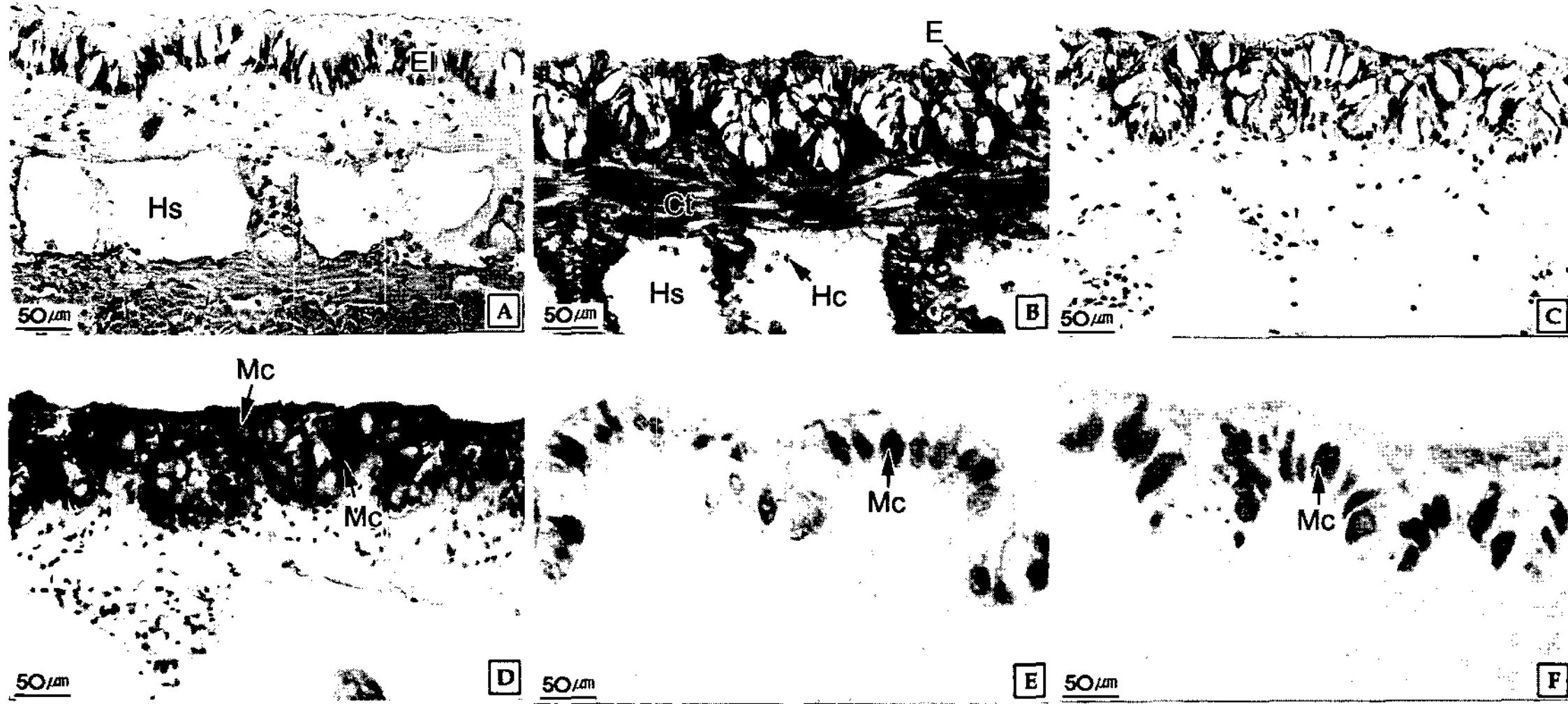


Fig. 3. Histological and histochemical feature in the inner epidermal layer of the spiny top shell, *Batillus cornutus*. A: Mid zone. Section showing the vacuolar mucous cells (Mc), H-E stain, B: Apical zone. Section showing the hemolymph sinus (Hs) with hemocyte (Hc) in connective tissue (Ct), Masson's trichrome stain, C: Mid zone. Section showing the mucous cell of Schiff's solution positive, PAS reaction, D: Mid zone. Section showing the mucous cells of alcian blue (pH 2.5) and Schiff's solution positive in epidermal layer (EI), AB-PAS (pH 2.5) reaction, E: Marginal zone. Section showing the mucous cells of alcian blue positive, Alcian blue (pH 1.0) reaction, F: Mid zone. Section showing the mucous cells of alcian blue positive, AF-AB reaction, E: epithelium.

2D), AB (pH 1.0) 반응과 AF-AB 반응에서 alcian blue에 반응하여 푸른색 (283c, 2985c)으로 나타나는 비황화 강산성 점액성분을 가지고 있었다 (Fig. 2F). 내부상피층에 분포하는 점액세포는 외부상피층에 비해 분포정도가 낮게 나타났으며, PAS 반응과 AB-PAS (pH 2.5) 반응을 실시한 결과, 붉은색 (243c)과 푸른색 (2727c)을 나타냈고 (Figs. 3C, D), AF-AB 반응에서는 푸른색 (2995c)으로 반응하였다 (Fig. 3F).

외투막 가장자리부의 외부상피층에 분포하는 점액세포들은 AB-PAS (pH 2.5) 반응 결과, 푸른색 (279c)으로 반응하였으며, AB (pH 1.0) 반응에서도 역시 푸른색 (279c)으로 나타나 비황화 강산성 점액성분을 가지고 있음을 알 수 있었다. 내부상피층에서도 역시 비황화 강산성 점액성분이 관찰되었다 (Fig. 3E).

결합조직층에서 혈림프동의 발달정도를 광학현미경 표본에서 점유면적비로 보았을 때, 각정부에서는 14%, 중간부에서는 11.5%, 가장자리부위에서는 5.8%로 조사되었다 (Fig. 5).

외투막 상피층의 점액세포 비율은 내부상피층에서는 약 20%로 부위별로 큰 차이는 없었다. 하지만, 외부상피층의 점액세포 분포비율은 각정부와 중간부에서는

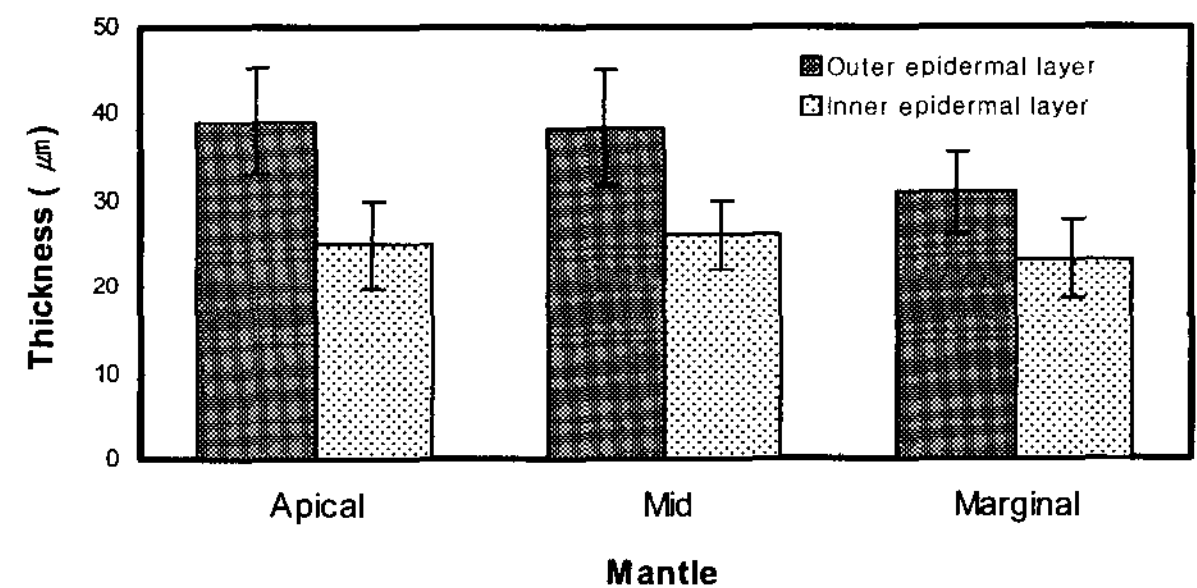


Fig. 4. Epidermal layer thickness in the mantle of the spiny top shell, *Batillus cornutus*. Vertical bar: SD.

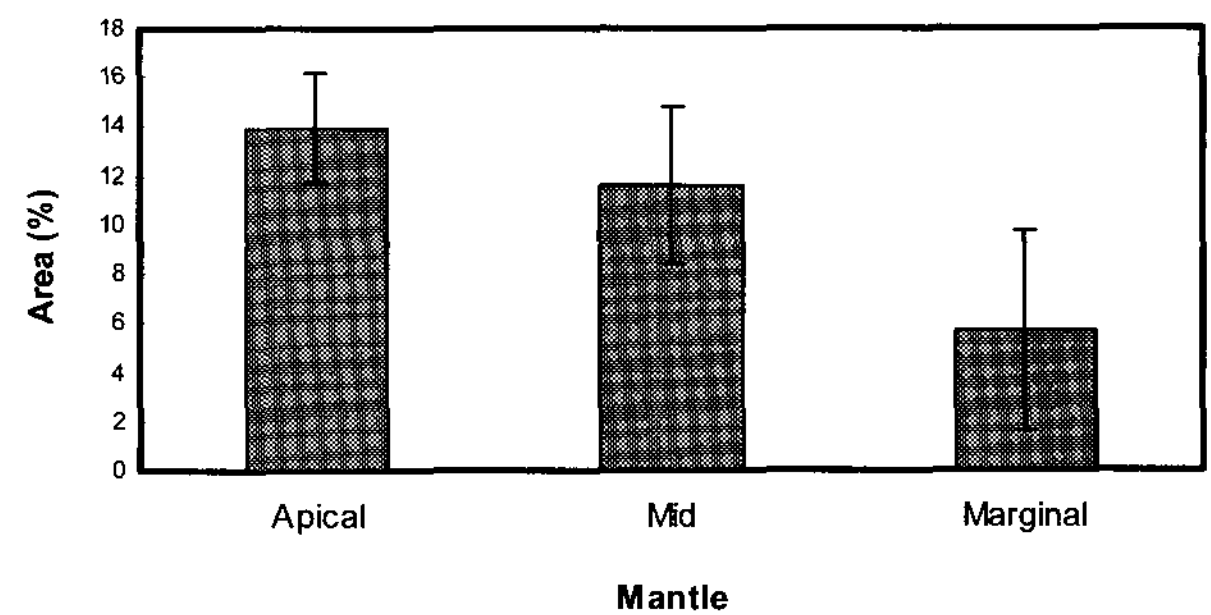


Fig. 5. Hemolymph sinus area in the mantle of the spiny top shell, *Batillus cornutus*. Vertical bar: SD.



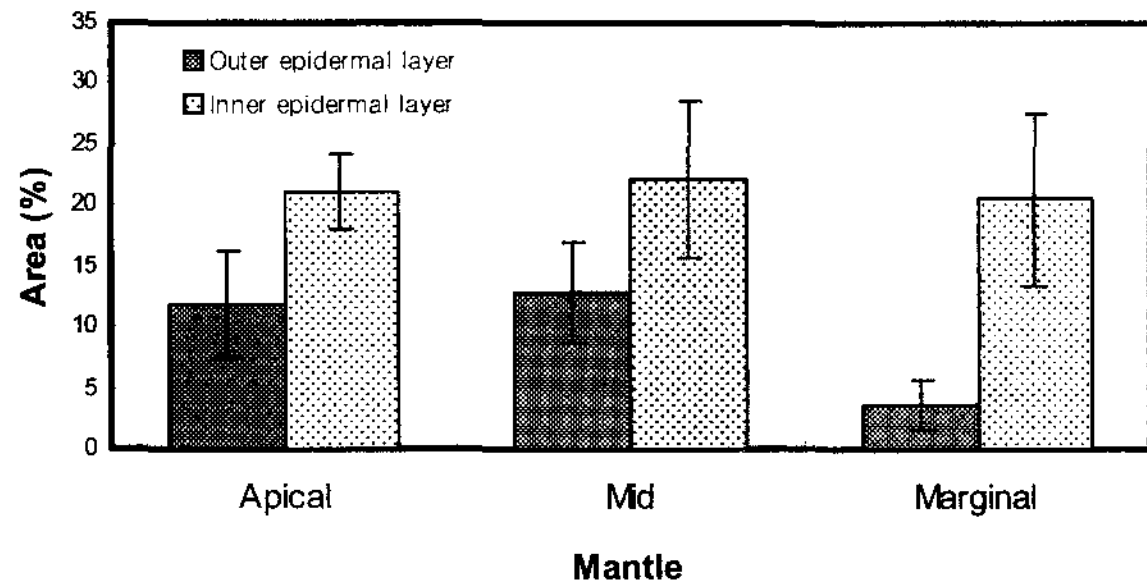


Fig. 6. Mucous cell area in the mantle of the spiny top shell, *Batillus cornutus*. Vertical bar: SD.

약 13%로 유사하였으나 가장자리부에서는 약 3.5%로 낮게 나타났다 (Fig. 6). 투과전자현미경 관찰 결과, 외투막 상피층에는 부위별로 다소 차이는 있지만, 주로 원주형의 상피세포들과 일부 분비세포들이 분포하고 있었다.

외투막 상피층에 주로 분포하는 상피세포들은 원주형 세포들이지만, 이들의 길이는 부위별로 다소 차이를 보였다. 하지만 이들 원주형 세포들은 공통적으로 장방형의 핵을 가지며, 자유면에는 길이 3  $\mu\text{m}$  내외의 미세융모들이 발달되어 있었다 (Fig. 7A). 상피세포 사이에는 폐쇄띠 (zonular occludens), 폐쇄대 (zonular adherens)와 수지상막구조 (membrane interdigitation)로 연결되어 있었다 (Fig. 7B). 이들의 외투막 상피층에서는 매우 드물지만 섬모세포가 존재하였다. 섬모세포는 자유면에 섬모와 미세융모를 가지며, 세포질의 상부에는 다수의 미토콘드리아를 가지고 있었다 (Fig. 7C).

상피층에서는 흡수기능을 나타내는 두 종류의 세포가 관찰되었다. 그 중 한 가지는 Dark cell로서 다른 상피세포들에 비해 상대적으로 세포질과 핵의 전자밀도가 높았다. 이들 세포의 핵은 타원형으로 전자밀도가 높은 뚜렷한 인을 가지며, 세포의 자유면에는 미세융모들이 발달해 있다 (Fig. 8A). 자유면 미세융모가 시작되는 세포질의 기저부에서는 음소포 (pinocytotic vesicle)들이 관찰되었으며, 핵 위쪽의 세포질에는 발달된 다수의 미토콘드리아들이 분포하고 있었다 (Fig. 8B). 또 다른 흡수세포는 길이 약 14  $\mu\text{m}$ 의 원주형 세포로서 세포질의 전자밀도는 낮은 편이었다. 핵은 타

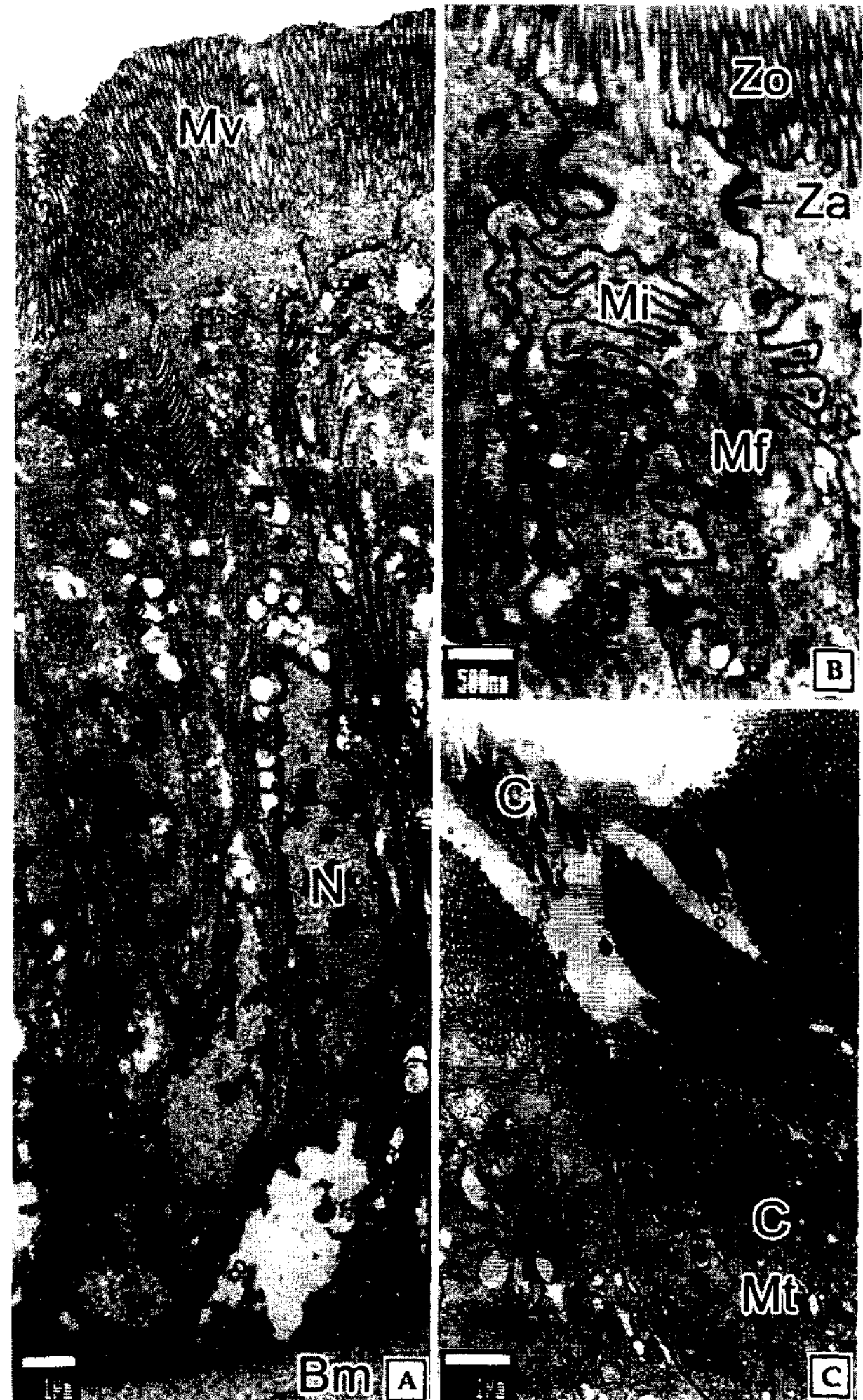


Fig. 7. Ultrastructure of the mantle epidermal layer of the spiny top shell, *Batillus cornutus*. A: Section showing the long columnar epithelia in the epidermal layer. B: Intercellular junction by zonular occludens (Zo) and zonular adherens (Za). C: Section showing the cilia (C) and mitochondria (Mt) of ciliated cell. Bm, basal membrane; Mf, microfilament; Mi, membrane interdigitation; Mv, microvilli; N, nucleus.

원형 또는 장방형으로 세포의 중앙 하방에 존재하며, 세포의 자유면에는 미세융모들이 발달해 있었다 (Fig. 8C). 이들 세포의 세포질에서는 Dark cell과 마찬가지로 발달된 미토콘드리아 및 음소포들과 함께 다수의 전자밀도가 다양한 용해소체들이 관찰되었다 (Fig. 8D).

외투막에서는 세포의 형태, 분비과립의 형태와 전자밀도 그리고 분비과립의 구성성분 등의 특징에 따라

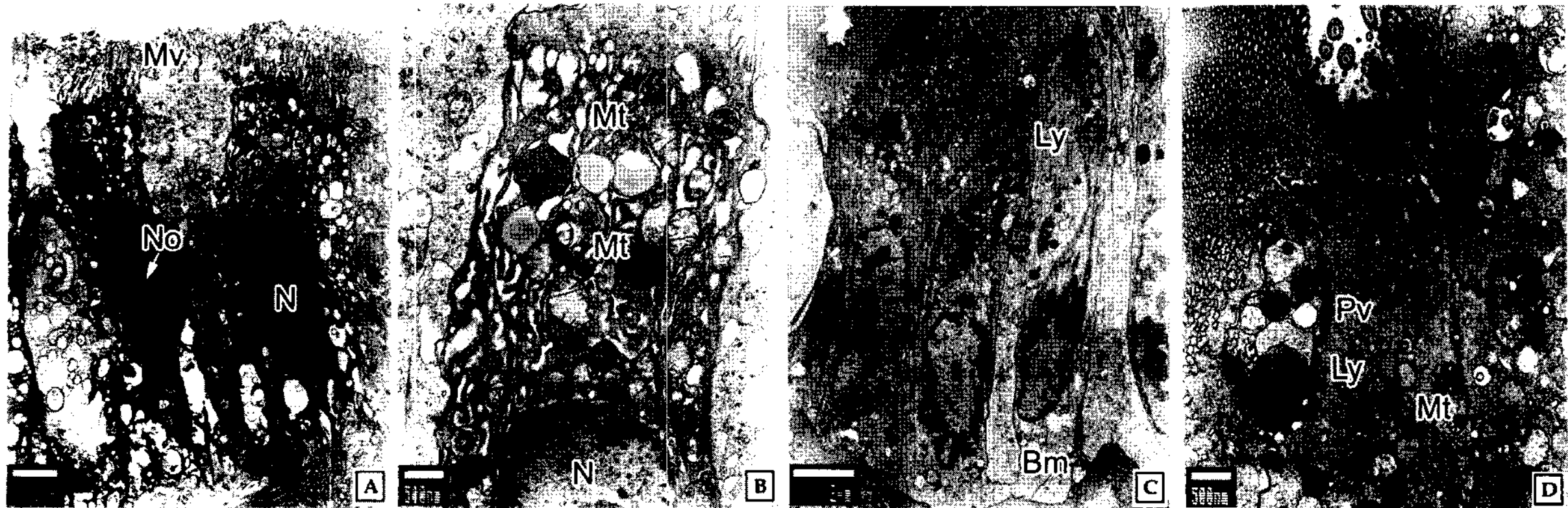


Fig. 8. Ultrastructure of the absorptive cells in the mantle epidermal layer of the spiny top shell, *Batillus cornutus*. A: Section showing the cytoplasm of high electron density and microvilli (Mv) in the Dark cell. B: Pinocytotic vesicles (Pv) and mitochondria (Mt) on apical cytoplasm of Dark cell. C: Section showing the absorptive cell of simple columnar. D: Pinocytotic vesicles and lysosomes (Ly) of the absorptive cell. Bm, basal membrane; N, nucleus; No, nucleolus.

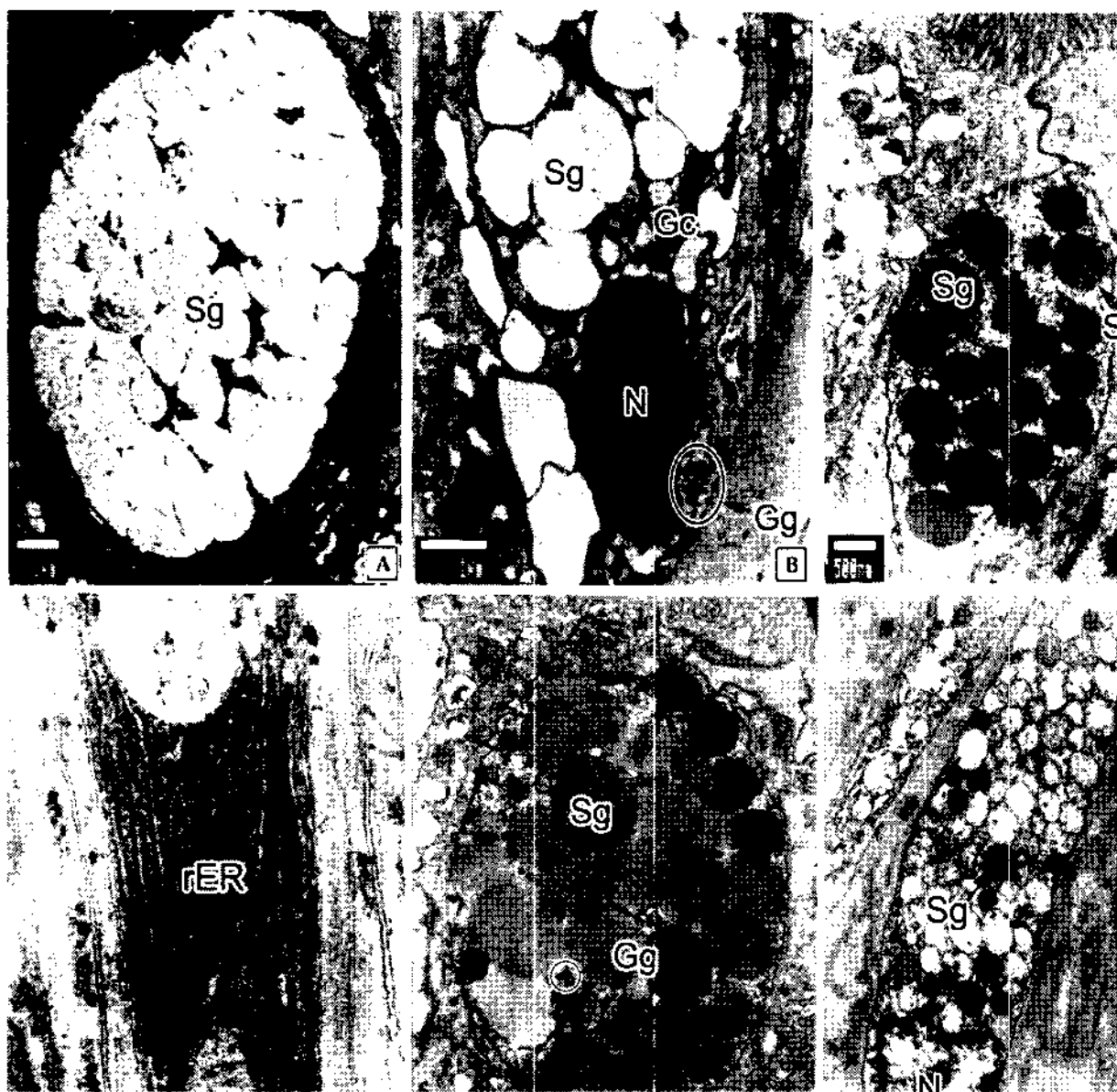


Fig. 9. Ultrastructure of secretory cells in the mantle epidermal layer of the spiny top shell, *Batillus cornutus*. A: Type A secretory cell with secretory granules (Sg) of low electron density. B: Nucleus (N) and developed Golgi complex (Gc) at the basal cytoplasm in the type A secretory cell. C: Type B secretory cell with secretory granules of high electron density. D: Well-developed rough endoplasmic reticula (rER) in the type B secretory cell. E: Type C secretory cell with glycogen granules (Gg) between the secretory granules. F: Type D secretory cell that have various secretory granules. N, nucleus; Sgm, secretory granule membrane.

네 종류 (A, B, C, D)의 분비세포를 구분할 수 있었다. A형 분비세포는 가장 많이 분포하는 세포들로서

전자밀도가 낮고 분비과립의 형태가 뚜렷하지 않으며, 분비과립들은 섬유상의 물질로 이루어져 있었다 (Fig. 9A). 이들 세포의 기저부에는 전자밀도가 높은 타원형의 핵과 골지체가 존재하고 있었으며, 일부 글리코젠 과립이 분포하고 있었다 (Fig. 9B). B형 분비세포들의 분비과립은 크기가 직경 500 nm 내외로서 외막을 가지며, 전자밀도는 네 종류의 분비세포들 가운데 가장 높으며 (Fig. 9C), 이들의 세포질에는 잘 발달된 조면 소포체들이 분포하고 있었다 (Fig. 9D). C형 분비세포는 A형 분비세포에 비해 전자밀도가 다소 높은 원형의 분비과립을 가지고 있었으며, 분비과립들 사이에서는 글리코젠 과립들이 관찰되었다 (Fig. 9E). D형 분비세포는 장방형의 세포로서 이들은 전자밀도가 다양한 분비과립과 공포상의 분비과립을 가지며, 기저부에는 둥근 삼각형모양의 핵을 가지고 있었다 (Fig. 9F).

## 고 찰

복족류와 이매패류 같은 연체동물의 피부계는 패각과 외투막으로 구성되는데, 패각은 석회화된 비세포성 구조물이다. 이에 반해 외투막은 세포성 구조물로서 상피층은 기저막 위에 놓인 한 층의 세포층으로 얇은 결합조직층에 의해 지지되며, 상피층을 구성하는 주된 세 가지 세포 종류는 상피세포, 섬모세포, 선세포이다. 이러한 구조는 외충류, 환형동물, 극피동물과 유사하다



(Hyman, 1967; Babel, 1984; Fretter and Graham, 1994).

복족류에서 외투막 구조의 기본적인 체제는 분류군에 관계없이 유사하지만, (Hyman, 1967; Kapur and Gibson, 1968; Stasek and McWilliams, 1973; Fretter and Graham, 1994; Otludil *et al.*, 2004), *Arion rufus*와 같이 패각을 가지지 않는 외투막은 구조와 구성에 있어서 패각을 가지는 복족류와 차이가 있다 (Bairati *et al.*, 2001).

본 연구 결과, 소라의 외투막은 부위에 관계없이 가운데 결합조직층을 상피층이 위아래로 싸고 있는 구조로서 상피층은 내장 기관계 쪽을 향하고 있는 내부상피층과 패각 쪽을 향하고 있는 외부상피층으로 구성되어 기본적으로 *Haliotis tuberculata* (Fleury *et al.*, 2008)를 비롯한 다른 복족류의 외투막과 동일한 구조였다.

또한, 복족류 외투막의 이러한 기본적인 조직학적 구성은 연체동물의 또 다른 중요한 분류군인 이매패각의 백합과 (Veneridae)에 속하는 *Mercenaria mercenaria* (Neff, 1972a; b)와 대복 (*Gomphina veneriformis*) (Lee *et al.*, 2007), 진주조개류 (Pteriidae)에 속하는 *Pinctada mazatlanica* (Eble, 2001) 그리고 돌조개과 (Arcidae)의 꼬막 (*Tegillarca granosa*) (Ma and Lee, 2003)에서도 보고되고 있다.

복족류와 이매패류의 외투막은 기본적으로 상피층과 결합조직층으로 구성되어 있다는 점에서 유사하지만, 외투막의 형태와 두께 그리고 이들 상피층과 결합조직층에서 구성세포의 종류와 미세구조는 종과 부위에 따라 다양하다 (Kawaguti and Ikemoto, 1962a, b; Babel, 1973; Saleuddin, 1974; Morrison, 1993).

이러한 구성세포의 구조적 차이는 이들 세포의 화학적 특성을 나타내며, 부위에 따라서 상피층의 두께가 다른 것은 물질의 분비활성과 연관된다 (Thompson, 1969). 외투막의 복잡한 구조는 부위에 따라 다르며, 유폐아강 (Pulmonate)의 외투막은 호흡에 중요한 기관으로 수중 내 산소가 부족할 경우 이들 세포들은 공기 중의 산소를 섭취할 수는 특별한 적응력을 가진다 (Purchon, 1968; Luchtel and Deyrup-Olsen, 2001).

Yonge (1948)는 고이치목 (Palaeoheterodonta), 석

패과 (Unionidae)에 속하는 *Anodonta*의 외투막을 세 부분으로 구분하여 이들의 구성세포와 분비세포를 보고하였다. 그리고 원시복족목 (Archaeogastropoda), 샷갯조개과 (Patellidae)에 속하는 *Acmaea* (Fretter and Graham, 1994)와 배고등과 (Calyptraeidae)에 속하는 *Crepidula*와 *Calyptraea* 그리고 *Collisella scabra* (Lindberg and Dwyer, 1983) 외투막의 상피층에서 원주형 상피세포와 점액세포들이 보고되었다.

버지니아굴 (*Crassostrea virginica*)의 경우 외부상피층에서는 점액분비세포들의 분포정도가 높고 섬모와 미세융모의 발달이 미약하지만, 내부상피층에서는 섬모세포와 미세융모가 잘 발달되어 있다 (Morrison, 1993). 대복 외투막 상피층의 두께는 패각 가장자리부에서 각정부로 갈수록 점점 감소하였지만, 각정부의 외부상피층의 두께는 가장자리의 외부상피층보다 얇으며, 각정부의 내부상피층의 두께는 가장자리의 내부상피층보다 얇다 (Lee *et al.*, 2007).

본 연구에서 소라 외투막의 상피층 두께 역시 각정부에서 가장자리로 갈수록 두꺼워졌으며, 내부상피층보다 외부상피층이 다소 두꺼웠다. 그리고 외투막의 상피층을 구성하고 있는 세포는 단층의 원주형 세포, 섬모세포, 흡수세포 그리고 네 종류의 분비세포가 관찰되었는데, 분비세포는 부위와 상관없이 내부상피층에서 풍부하게 나타났다.

복족류와 이매패류에서 외투막은 점액분비를 통하여 외투강 내의 정화와 패각형성에 관여하는데, 정화기능은 주로 내부상피층에 의하여 이루어지며, 패각형성은 주로 외부상피층에 의해서 수행된다 (Kawaguti and Ikemoto, 1962a, b; Babel, 1973; Saleuddin, 1974; Morrison, 1993).

외투막 상피층을 구성하는 주요 세포군 가운데 하나인 선세포의 종류와 분비점액의 성상은 종과 부위에 따라 다소 다른 것으로 보고되고 있다. 외투막에서 생산되는 점액물질의 화학성분은 매우 다양하지만, 주로 mucopolysaccharide와 glycoprotein 그리고 carbohydrate로 구성된다 (Prezant, 1981).

전형적인 점액세포 형태의 분비세포들은 기안목 (Basommatophora), 또아리물달팽이과 (Planorbidae)에 속하는 *Helisoma duryi eudiscus*와 *Planorbarius*

*corneus*의 패각형성에 중요한 역할을 한다 (Kapur and Gibson, 1968; Otludil *et al.*, 2004). 그리고 물달팽이과 (Lymnaeidae)의 경우에 분비된 점액은 외투막의 윤활작용에 기여하는데 (Timmermans, 1969), 물달팽이과에 속하는 *Galba truncatula*의 색소세포는 점액세포 형태로 존재하여 패각의 색 형성에 관여하는 것으로 추정되었다 (Cengiz *et al.*, 2005).

이매패류 가운데 진주담치 (*Mytilus edulis*)와 *Lamellidans marginalis*의 외투막에서 분비되는 extrapallial cavity내의 체액은 아미노산, 단백질, 뮤코다당류, 유기산, 지질 및 이산화탄소 등을 함유하는데, 이러한 성분은 패각형성과 관련이 있다 (Wilbur and Saleuddin, 1983). 본 연구 결과, 소라 외투막의 각정부 상피층에 분포하는 점액세포들은 산성 및 중성 점액다당류를 함유하고 있었으며, 중간부와 가장자리의 상피층에 분포하는 점액세포들은 비황화 강산성의 당단백질 점액성분을 함유하는 것으로 나타났다.

일반적으로 외분비선 (exocrine gland)은 구성세포의 수에 따라 단세포선과 다세포선으로 구분되며, 분비양상에 따라 전분비선 (holocrine gland)과 부분분비선 (merocrine gland)으로 나눌 수 있다 (Kurosumi *et al.*, 1984). 이와 같은 기준으로 볼 때, *Fabulina nitidula* (Kawaguti and Ikemoto, 1962a), *Musculus senhousia* (Kawaguti and Ikemoto, 1962b), *Mercenaria mercenaria* (Neff, 1972a), 진주담치, *Crassostrea edulis*, *Nucula sulcata* (Bubel, 1973), 버지니아굴 (Morrison, 1993), 꼬막 (Ma and Lee, 2003)과 대복 (Lee *et al.*, 2007)에서 보고된 분비세포들은 모두 단세포선이었다. 그리고 세포사와 세포 부스러기가 분비내강 (lumen)에서 관찰되지 않는 점으로 보아 부분분비선으로 추정되었다. 하지만 Lyonsiidae에 속하는 *Lyonsia*와 *Entodesma*의 외투막 가장자리에서는 다세포선들이 관찰되었다 (Prezant, 1981). 본 연구 결과, 소라 외투막에서는 세포의 형태, 분비과립의 형태와 전자밀도 그리고 분비과립의 구성성분 등의 특징에 따라 네 종류 (A, B, C, D)의 분비세포를 구분할 수 있었는데, 이들은 모두 단세포선으로 확인되어 대부분의 복족류와 이매패류의 외투막에서 보고된 선세포들과 유사한 특징을 보였다.

## 요 약

소라 (*Batillus cornutus*) 외투막의 조직화학적 특성 및 미세구조를 광학현미경과 투과전자현미경을 이용하여 기재하였다. 소라의 외투막은 결합조직층을 단층상피층이 위아래로 둘러싸고 있는 구조였으며, 상피층은 내장 기관계 쪽을 향하고 있는 내부상피층과 패각 쪽의 외부상피층으로 구분된다. 상피층에 의해 둘러싸인 결합조직층은 주로 교원섬유와 근섬유다발로 구성되며, 혈림프동이 발달하고 있었다. 외투막의 각정부 상피층에 분포하는 점액세포들은 산성 및 중성 점액다당류를 함유하고 있었으며, 중간부와 가장자리의 상피층에 분포하는 점액세포들은 비황화 강산성의 당단백질 점액성분을 함유하는 것으로 나타났다. 외투막의 두께, 상피층의 두께, 혈림프동의 면적은 각정부에서 가장자리로 갈수록 낮아지는 경향을 보였다. 투과전자현미경으로 관찰하였을 때 외투막의 상피층은 단층으로 원주형 상피세포, 섬모세포, 흡수세포, 분비세포로 구성되어 있었다. 외투막 상피세포들은 원주형으로 장방형의 핵을 가지며, 자유면에는 미세융모들이 발달되어 있었다. 상피세포 사이에는 폐쇄띠, 폐쇄대와 수지상막구조로 연결되어 있었다. 섬모세포는 자유면에 섬모와 미세융모를 가지며, 세포질의 상부에는 다수의 미토콘드리아를 가지고 있었다. 상피층에서는 흡수기능을 가지는 두 종류의 세포가 관찰되었다. 이들은 원주형으로 미세융모, 음소포, 미토콘드리아 그리고 전자밀도가 다양한 용해소체들을 함유하고 있었다. 소라 외투막에서는 네 종류 (A, B, C, D)의 분비세포를 구분할 수 있었는데, 이들은 모두 단세포선으로 확인되어 대부분의 복족류와 이매패류의 외투막에서 보고된 선세포들과 유사한 특징을 보였다.

## REFERENCES

- Bairati, A., Comazzi, M. and Gioria, M. (2001) An ultrastructural study of connective tissue in mollusc integument: II. Gastropoda.



- Tissue and Cell*, 33: 426-438.
- Bubel, A. (1973) An electron microscope investigation of the cells lining the outer surface of the mantle in some marine molluscs. *Marine Biology*, 21: 245-225.
- Bubel, A. (1984) Epidermal cell, *In: Biology of the integument*, 1 Invertebrates, (ed. by Bereiter-Hahn, J., Matoltsy, A.G. and Richards, K.S.), pp. 400-477. Springer-Verlag, New York.
- Cengiz, E.I., Yildirim, M.Z., Otludil, B. and Ünlü, E. (2005) Histopathological effects of Thiodan on the freshwater snail, *Galba truncatula* (Gastropoda, Pulmonata). *Journal of Applied Toxicology*, 25: 464-469.
- Eble, A.F. (2001) Anatomy and histology of *Mercenaria mercenaria*. *In: Biology of the hard clam*. (ed. by Kraeuter, J.N. and Castagna, M.), pp. 117-220. Elsevier, New York.
- Fleury, C., Marin, F., Marin, B., Luquet, G., Thomas, J., Josse, C., Serpentine, A. and Lebel, J.M. (2008) Shell repair process in the green ormer, *Haliotis tuberculata*: A histological and microstructural study. *Tissue and Cell*, 40: 207-218.
- Fretter, V. and Graham, A. (1994) British pro-sobranch molluscs. Their functional anatomy and ecology. pp. 820. Ray Society, London.
- Hyman, L.H. (1967) The Invertebrates Vol. VI, Mollusca I. pp. 792. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Kapur, S.P. and Gibson, M.A. (1968) A histochemical study of the development of the mantle-edge and shell in the freshwater gastropod, *Helisoma duryi eudiscus* (Pilsbry). *Canadian Journal of Zoology*, 46: 481-491.
- Kawaguti, S. and Ikemoto, N. (1962a) Electron microscopy on the mantle of a bivalve, *Fabulina nitidula*. *Biology Journal of Okayama University*, 8: 21-30.
- Kawaguti, S. and Ikemoto, N. (1962b) Electron microscopy on the mantle of a bivalve, *Musculus senhousia* during regeneration of the shell. *Biology Journal of Okayama University*, 8: 31-42.
- Kurosumi, K., Shibasaki, S. and Ito, T. (1984) Cytology of the secretion in mammalian sweat glands. *International Review of Cytology*, 87: 253-329.
- Lee, J.S., Joo, J.Y. and Park, J.J. (2007) Histology and ultrastructure of the mantle epidermis of the equilateral venus, *Gomphina veneriformis* (Bivalvia: Veneridae). *Journal of Shellfish Research*, 26: 402-413.
- Lindberg, D.R. and Dwyer, K.R. (1983) The topography, formation and role of the home depression of *Coilisella scabra* (Gould) (Gastropoda: Acmaeidae). *Veliger*, 25: 229-234.
- Luchtel, D.L. and Deyrup-Olsen, I. (2001) Body wall: form and function. *In: The biology of terrestrial molluscs*. (ed. by Baker, G.M.), pp. 146. Cabi Publishing, New York.
- Ma, K.H. and Lee, J.S. (2003) Mantle ultrastructure of the granular ark, *Tegillarca granosa* (Bivalvia: Acridae). *Journal of Korean Fisheries Society*, 36: 270-275.
- Morrison, C.M. (1993) Histology and cell ultrastructure of the mantle and mantle lobes of the eastern oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin): A summary atlas. *American Malacological Bulletin*, 10: 1-24.
- Neff, J.M. (1972a) Ultrastructural studies of periostracum formation in the hard shelled

- clam *Mercenaria mercenaria* (L). *Tissue and Cell*, 4: 311-326.
- Neff, J.M. (1972b) Ultrastructure of the outer epithelium of the mantle in the clam, *Mercenaria mercenaria* in relation to calcification of the shell. *Tissue and Cell*, 4: 591-600.
- Otludil, B., Cengiz, E.I., Yildirim, M.Z., Unver O. and Ünlü, E. (2004) The effects of endosulfan on the great ramshorn snail, *Planorbis corneus* (Gastropoda, Pulmonata): A histopathological study. *Chemosphere*, 56: 707-716.
- Ottaviani, E. (1978) A gland system of the hypobranchial type in the mantle of *Paludina vivipara* draparnaud (Gastropoda: Prosobranchia). A morphological and histochemical study. *Monitore Zoologico Italiano*, 12: 77-86.
- Prezant, R.S. (1981) The arenophilic radial mantle glands of the Lyonsiidae (Bivalvia: Anomalodesmata) with notes on Lyonsiid evolution. *Malacologia*, 20: 267-289.
- Purchon, R.D. (1968) The biology of the Mollusca. pp. 560. Pergamon Press, Oxford and London.
- Saleuddin, A.S.M. (1974) An electron microscopic study of the formation and structure of the periostracum in *Astarte* (Bivalvia). *Canadian Journal of Zoology*, 52: 1463-1471.
- Stasek, C.R. and McWilliams, W.R. (1973) The comparative morphology and evolution of the molluscan mantle edge. *Veliger*, 16: 1-19.
- Thompson, T.E. (1969) Acid secretion in Pacific ocean gastropods. *Australian Journal of Zoology*, 17: 755-764.
- Timmermans, L.P.M. (1969) Studies on shell formation in molluscs. *Netherlands Journal of Zoology*, 19: 417-523.
- Voltzow, J. (1994) Gastropoda: Prosobranchia. *In: Microscopic anatomy of invertebrates* Vol. 5. Mollusca I. (ed. by Harrison, F.W. and Kohn, A.J.), pp. 111-252. Wiley-Liss, Inc., New York.
- Wilbur, K.M. and Saleuddin, A.S.M. (1983) Shell formation. *In: The Mollusca*, Vol. 4, Physiology, Part 1. (ed. by Saleuddin, A.S.M. and Wilbur, K.M.), pp. 235-287. Academic Press, New York.
- Yonge, C.M. (1948) Cleansing mechanism and the function of the fourth pallial aperture in *Spisula subtruncata* (da Costa) and *Lutraria lutraria* (L). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 27: 585-596.
- Yoo, J.-S. (1988) Korean shells in colour. pp. 196. Iljisa Publishing Co., Seoul.