

## 피조개, *Scapharca broughtonii* 외투막 상피층의 미세구조

이 정 식\*

여수대학교 수산해양대학 수산생명의학과

### **Ultrastructure of the Mantle Epidermis in the Ark Shell, *Scapharca broughtonii* (Bivalvia: Acridae)**

Jung Sick Lee\*

Department of Aqualife Medicine, College of Fisheries and Ocean Science,  
Yosu National University, Yosu 550-749, Korea

(Received June 4, 2002; Accepted July 27, 2002)

#### **ABSTRACT**

Histology and ultrastructure of the mantle epidermis in the ark shell, *Scapharca broughtonii* are described using light and electron microscopy. The mantle of the ark shell is composed of outer epidermis, connective tissue and inner epidermis. Both epidermis are simple and consists of supporting cells, ciliated cells and secretory cells. Connective tissue is composed of mainly collagen and muscle fibers. The supporting cells in the inner epidermis are usually columnar and covered with microvilli. The ciliated cell have cilia and microvilli on the free surface, and numerous tubular mitochondria are observed in the apical cytoplasm. Secretory cells are mainly observed in the outer epidermis, and it can be divided into four types of A, B, C and D with morphological features of the secretory granules. Type A cells of mucous cell are found in the marginal and central mantle. And these cells contains numerous secretory granules of non bounded and low electron density. Type B cells contains numerous rough endoplasmic reticula, well developed Golgi complex and secretory granules of membrane bounded and high electron density. Secretory granules of type C cells are divided into fibrous core layer and homogeneous peripheral layer. Type D cells are found in the outer epidermis of the central and umbonal mantle. And secretory granules of these cells are divided into homogeneous core layer and granular peripheral layer. This results suggest that the outer and inner epidermis of the mantle are related with shell formation and cleaning of the mantle cavity, respectively.

**Key words** : Ark shell, Mantle epidermis, Ultrastructure

---

\* Correspondence should be addressed to Dr. Jung Sick Lee, Department of Aqualife Medicine, College of Fisheries and Ocean Science, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea. Ph.: 061-659-3172, FAX: 061-659-3172, E-mail: LJS@yosu.ac.kr  
Copyright © 2002 Korean Society of Electron Microscopy

## 서 론

이대패류의 피부계는 패각이라는 단단한 석회질 성분의 외골격과 이들 안쪽의 외투막으로 구성되는 데, 패각은 주로 물리적이고 기계적인 자극원으로부터 외투강 기관계를 보호하는 일차적인 방어 역할을 하는 반면 외투막은 주로 생물학적인 기능을 한다.

이대패류는 내장 기관계와 외투강 기관계에 다양한 분비선을 가지는데, 이들 분비선은 대부분 단세포 선의 형태이다. 선세포의 종류는 기관에 따라 다르며, 동일한 기관일지라도 생물종에 따라 현미경적 구조와 기능이 다양하게 보고되고 있다 (Bubel, 1973; Vitellaro-Zuccarello, 1981; Garcia-Gasca et al., 1994).

이대패류의 외투강 기관계 가운데 외투막 상피층에 존재하는 세포들은 주로 외투강의 정화, 점액의 분비 및 패각형성에 관여하는데 (Neff, 1972b; Bubel, 1984; Morrison, 1993), 특히 이들 세포들은 외부의 물리·화학·생물학적 자극에 대하여 신속하게 반응함으로써 이들 세포의 동향 파악은 개체 전체의 생리적인 상황을 파악할 수 있는 자료로 사용될 수 있다.

따라서 본 연구는 우리나라 유용패류의 하나인 피조개를 대상으로 주요 외부자극원에 대한 반응양상을 조사하기 위한 기초연구로서 외투막 상피층을 구성하는 세포의 종류와 이들의 미세구조를 조사하였다.

## 재료 및 방법

본 연구에 사용된 피조개는 2001년 4월 경상남도 남해안의 강진만에서 채집된 각장 (shell length) 8.5 cm 내외의 성체들이다.

채집 후 현장에서 해부하여 패각 가장자리 부위 (marginal zone)와 내장낭을 덮고 있는 가운데 부위 (central zone) 그리고 각정 부위 (umbonal zone)의 외투막을 절취하여 각각 고정하였다.

광학현미경 조직표본 제작은 Bouin's fluid에 일정 시간 고정된 외투막을 paraffin 절편법에 의해 4 $\mu$ m의 두께로 연속 절편하여 Mayer's hematoxylin과 0.5%

eosin의 비교염색, periodic acid-Schiff's solution (PAS), alcian blue-periodic acid-Schiff's solution (AB-PAS, pH 2.5) 그리고 aldehyde fuchsin-alcian blue (AF-AB) 반응을 실시하였다.

투과전자현미경 (TEM) 조직표본 제작은 2.5% glutaraldehyde (phosphate buffer, pH 7.5) 용액으로 전 고정하였으며, 1% osmium tetroxide (OsO<sub>4</sub>)로 후 고정하여 0.1 M phosphate buffer로 세척하고 ethanol로 단계별 탈수하여 포매하였다. 그리고 semithin section 후 두께 70 nm의 ultrathin section 하여 uranylacetate와 lead citrate 용액으로 이중염색하여 TEM (JEM-1200 EX II, JEOL)으로 관찰하였다.

조직표본의 조직화학적 반응 후 점액세포의 염색 친화도 판정은 Pantone® Formula Guide (Pantone Inc., USA)를 기준하였다.

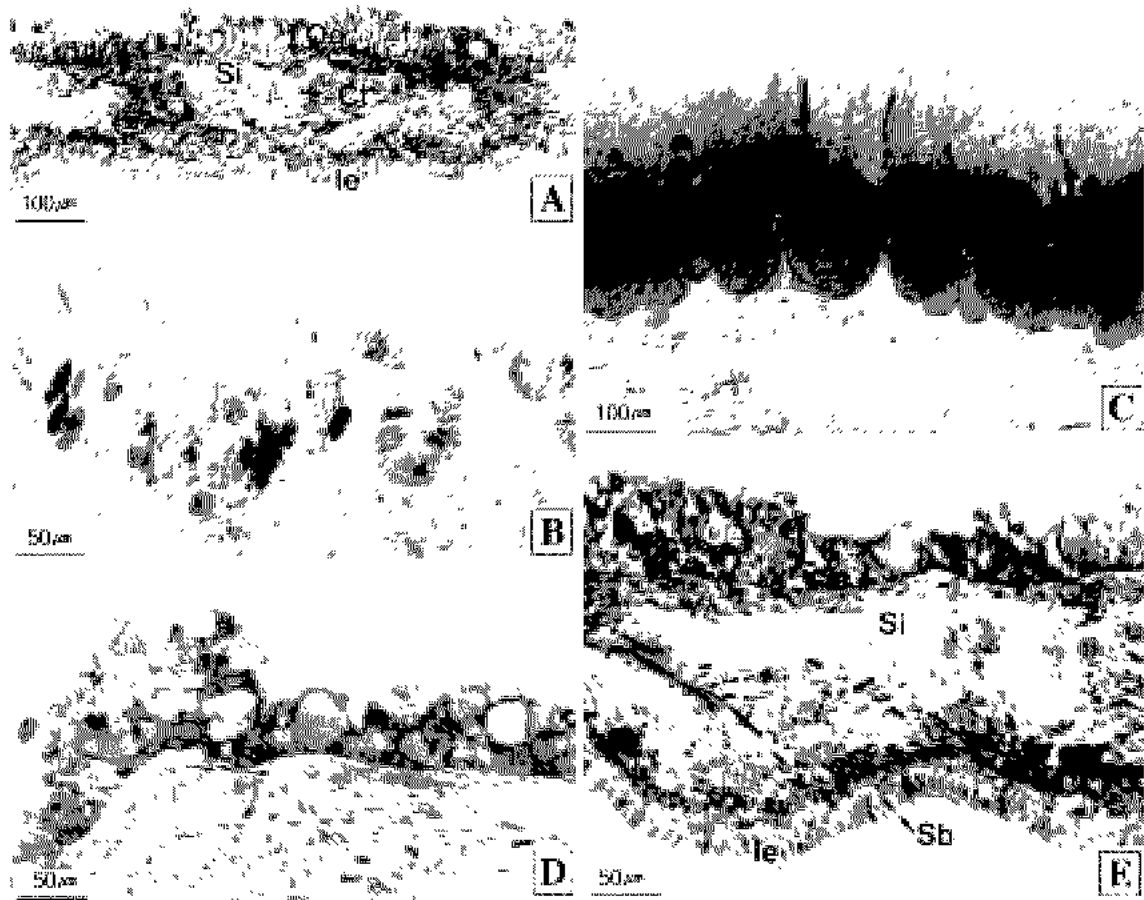
## 결 과

피조개의 외투막은 좌우 한 쌍으로 각정 반대쪽의 패각 가장자리 부분은 두꺼운 입술 모양이며, 이 부분을 제외하면 전체가 얇은 막의 형태였다. 횡단면은 가운데 결합조직층을 상피층이 위아래로 싸고 있는 구조였다 (Fig. 1-A). 외투막의 두께는 가장자리 부분에서 가장 두꺼웠으며 각정부로 갈수록 얇아지는 경향을 보였다.

상피층은 단층으로 두께는 가장자리에서 가장 높았으며, 중앙부와 각정부에서는 유사한 것으로 나타났다. 안쪽 (외투강쪽)의 상피층 자유면에서는 선조연이 발달되어 있었으나, 바깥쪽 (패각쪽)의 상피층 자유면에서 선조연은 매우 미약하였다 (Figs. 1-A & E).

투과전자현미경 표본에서 상피층에서는 지지세포, 섬모세포 그리고 분비세포들을 관찰할 수 있었다.

각정 근처의 외투막 바깥쪽 상피층을 구성하는 지지세포들은 편평형 또는 입방형이었으며 자유면에서 미세융모는 관찰할 수 없었다 (Fig. 3-A). 하지만 가장자리 근처의 외투막 안쪽 상피층에서 지지세포는 높이 25  $\mu$ m 내외의 원주형 세포로 자유면은 미세융모로 덮여 있었다. 이들 세포의 핵은 원형에 가깝고, 세포질에는 미세섬유 (microfilaments)와 여러 종류의



**Fig. 1.** Semithin section of the mantle in the ark shell, *Scapharca broughtonii*. A: Cross section showing the outer epidermis (Oe), connective tissue (Ct) and inner epidermis (Ie). B: Outer epidermis of the marginal zone contains numerous type B secretory cells. C: Inner epidermis of the marginal zone contains numerous type A secretory cells. D: Outer epidermis of the central zone contains numerous type A secretory cells. E: Cross section of the umbonal zone. Notice the numerous type C and D secretory cells in the outer epidermis. Sb: striated border, Si: sinusoidal cavity.

세포소기관들이 발달되어 있었으며, 이웃하고 있는 세포들과는 상부측면에서 부착띠(zonula adherens)로 연결되어 있었다(Fig. 3-B).

섬모세포들은 원주형 세포로 자유면에는 미세융모와 섬모들이 발달되어 있었다. 핵은 불규칙한 장방형으로 기저부에 위치하고 있었으며, 핵의 전체적인 전자밀도는 다른 세포들의 핵 보다 높았다. 세포질의 전자밀도도 주변의 세포들 보다 훨씬 높았으며, 세포질의 상부에서는 다수의 발달된 미토콘드리아를 관

찰할 수 있었다. 그리고 이웃하고 있는 세포들과는 상부측면에서 부착띠로 연결되어 있었다(Fig. 3-C).

분비세포들은 상피층에서부터 결합조직층까지 잘 발달되어 있었으나 종류에 따라 주로 분포하는 위치가 안쪽 상피층과 바깥쪽 상피층(Figs. 1-A & E) 그리고 가장자리(Figs. 1-B & C), 중간부위(Fig. 1-D), 각정부(Fig. 1-E)에서 다른 경향을 보였다. 분비세포들은 단세포선으로 분비과립과 세포소기관 등의 특징에 따라 A, B, C, D 네 종류로 나눌 수 있었다. 분비

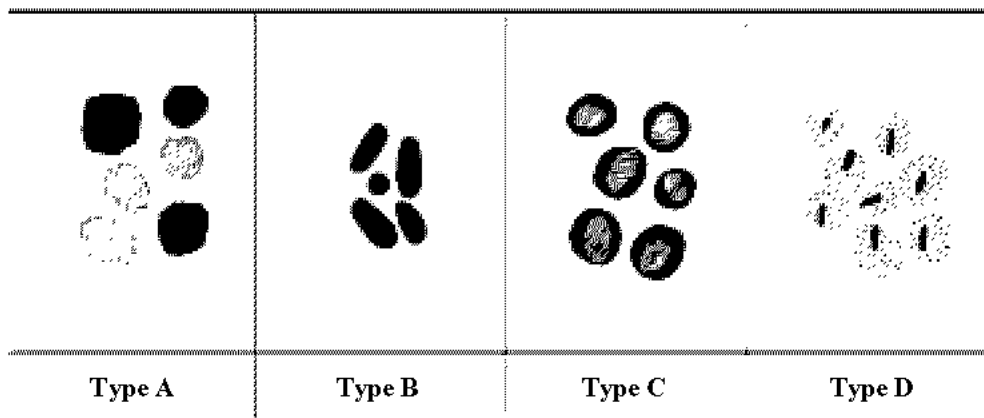


Fig. 2. Schematic diagram of the mantle secretory granules in the ark shell, *Scapharca broughtonii*.

과립의 크기는 A형 분비세포에서 가장 크게 나타났으며, C형, D형 B형의 순으로 나타났다(Fig. 2).

A형 분비세포들은 점액세포의 형태로 분비세포들 가운데 가장 많이 분포하고 있었는데, 특히 가장자리와 중앙부 외투막 부위에서 높은 분포정도를 보였다. 이들 세포들이 가지는 분비과립은 가장 크지만 전자 밀도는 가장 낮았고, 거의 원형으로 막을 가지지 않았으며, 활성정도에 따라 분비과립은 여러 개가 서로 융합되어 나타나기도 하였다(Fig. 3-D).

가장자리 근처의 안쪽 상피층과 바깥쪽 상피층 그리고 결합조직층에서 주로 관찰되는 이들 점액세포들은 PAS 반응에서는 붉은색(232c)으로 반응하였다(Figs. 5-A & B).

하지만 AB-PAS (pH 2.5) 반응에서는 안쪽 상피층에 존재하는 점액세포들은 연한 자주색(241c)으로 반응하였으나 안쪽 상피층 근처의 결합조직층에 존재하는 점액세포들은 푸르게(288c) 반응하였고(Fig. 5-C), 바깥쪽 상피층과 그 근처의 결합조직층에 존재하는 점액세포들은 푸르게(286c) 반응하였다(Fig. 5-D). 그리고 AF-AB 반응에서는 안쪽 상피층에 존재하는 점액세포들은 옅은 자주색(259c)으로 반응하였으나, 그 상피층 근처의 결합조직층에 분포하는 분비세포들은 푸르게(285c) 반응하였으며(Fig. 5-E), 바깥쪽 상피층과 그 인접 결합조직층에서 관찰되는 점액세포들은 진한 자주색(261c)으로 반응하였다(Fig. 5-

F).

B형 분비세포들은 외투막 가장자리 근처의 바깥쪽 상피층에 주로 분포하고 있었다. 투과전자현미경 관찰 결과 네 종류의 분비세포들 가운데 전자밀도가 가장 높은 분비과립을 가지고 있었으며, 이들 세포의 세포질 대부분은 분비과립과 글리코젠 과립들이 차지하고 있었다. 분비과립은 장경 1  $\mu\text{m}$  내외의 타원형으로 가장 작았고 막을 가지고 있었으며, 전자밀도가 높은 균질상의 물질로 구성되어 있었다(Fig. 4-A). 핵 아래 부분의 세포질에서는 다수의 polysome과 조면소포체 그리고 발달된 골지체의 관찰이 가능하였다(Fig. 4-B).

C형 분비세포들은 긴 장방형으로 주로 각정부 외투막의 바깥쪽 상피층에서 관찰되었으나 일부는 다른 분비세포들처럼 결합조직층 까지 발달되어 있었다. 투과전자현미경 관찰 결과 이들 세포의 분비과립은 직경 2~3  $\mu\text{m}$ 의 원형으로 막을 가지고 있었다.

이들 분비세포의 분비과립은 중심부와 주변부로 구분되는데 중심부는 섬유상의 물질들로 구성되며 이를 전자밀도가 높은 균질상의 물질이 감싸고 있는 형태였다(Fig. 4-C).

D형 분비세포들은 C형 분비세포들과 마찬가지로 각정부 외투막의 바깥쪽 상피층에서 주로 관찰되었으나 분포정도는 가장 낮았다. 기저부의 핵은 불규칙한 삼각형이었으며, 분비과립은 원형 또는 타원형으

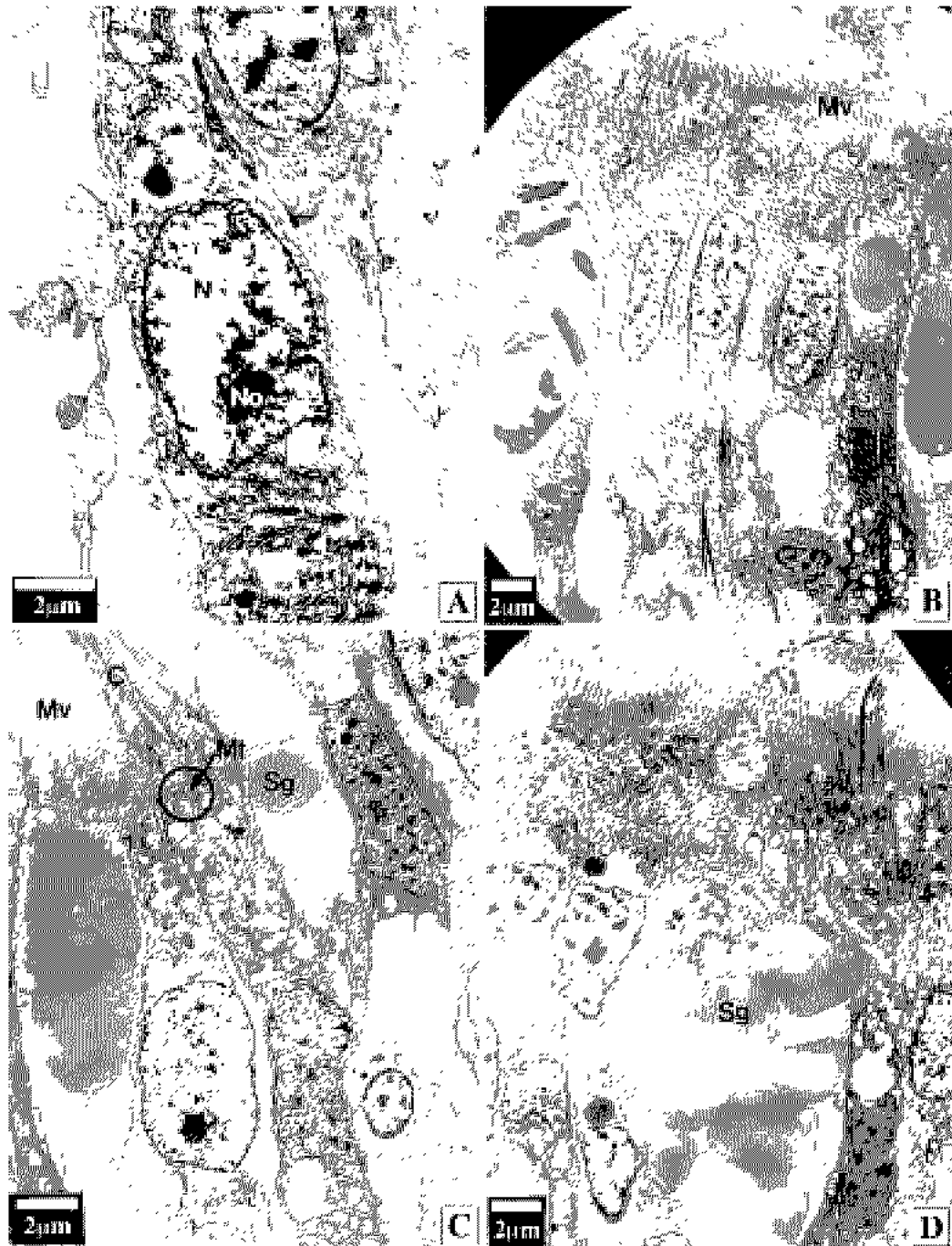
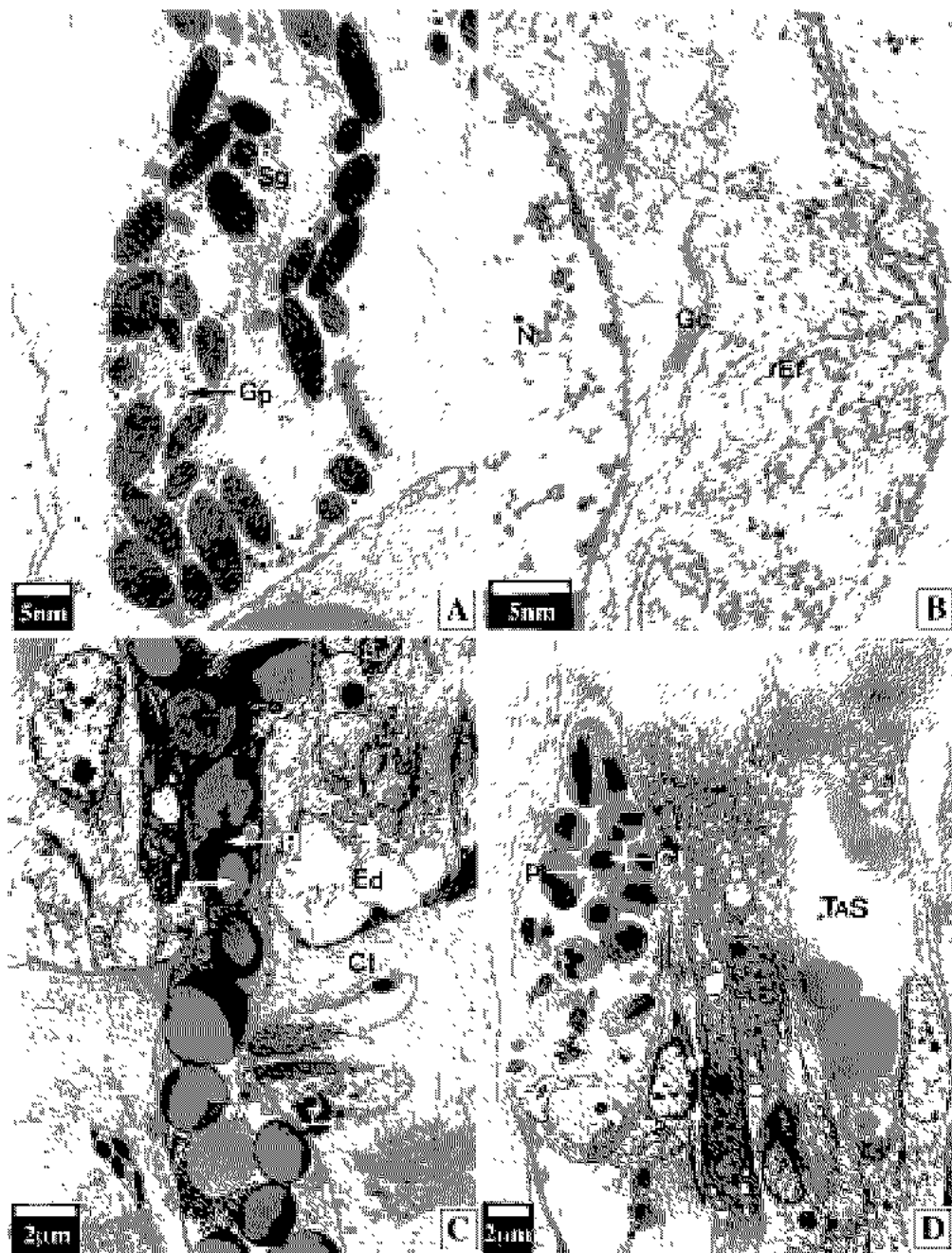
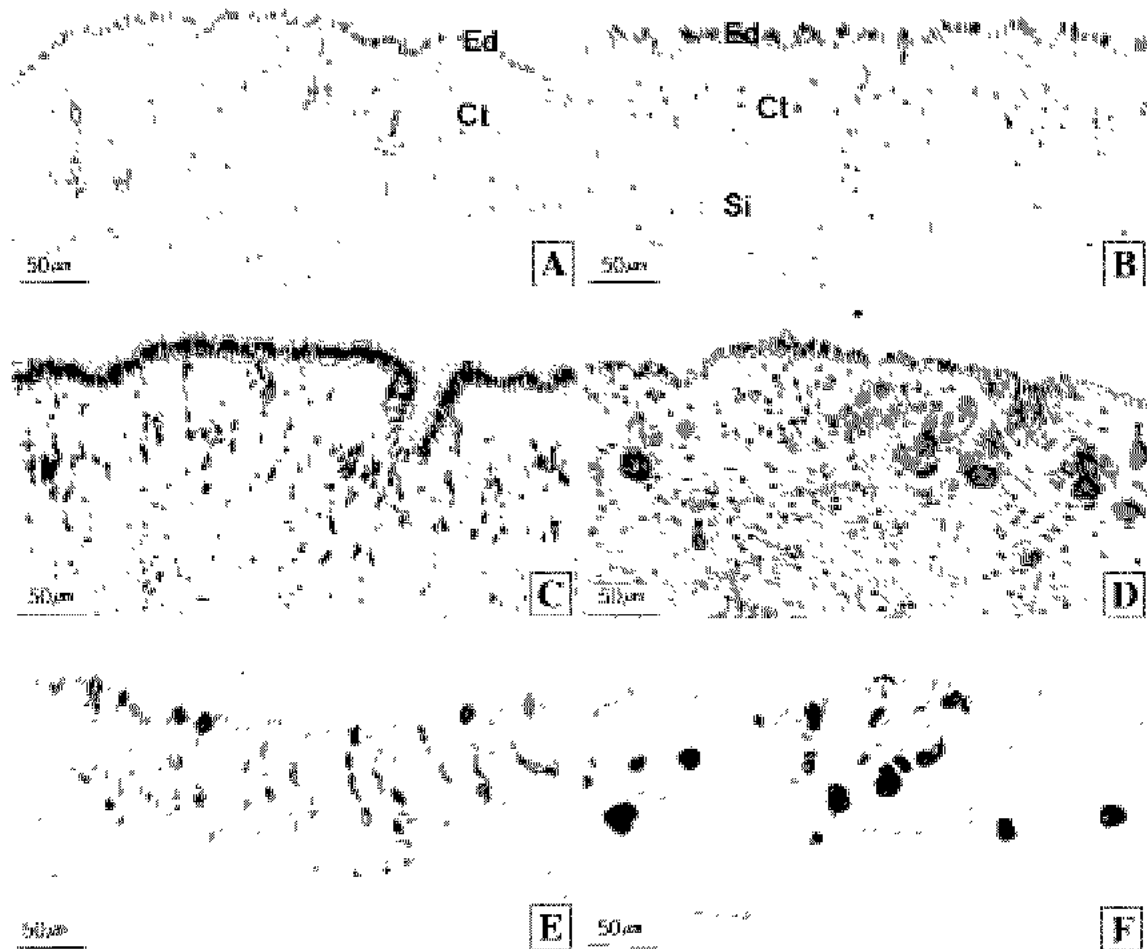


Fig. 3. Ultrastructure of the mantle epidermis in the ark shell, *Scapharca broughtonii*. A: Squamous supporting cells in the outer epidermis of the umbonal mantle. B: Columnar supporting cells in the inner epidermis covered with microvilli (Mv) on the free surface. C: Ciliated cells contains numerous mitochondria (Mt) in the cytoplasm. D: Type A secretory cell contains secretory granules (Sg) in low electron density. C: cilia, N: nucleus, No: nucleolus.



**Fig. 4.** Ultrastructure of the mantle epidermis in the ark shell, *Scapharca broughtonii*. A: Type B secretory cell. Notice the membrane-bounded secretory granules (Sg) and glycogen particles (Gp). B: Cytoplasm of type B secretory cell. Notice the well-developed Golgi complex (Gc) and rough endoplasmic reticula (rEr). C: Type C secretory cell. Secretory granules are divided into fibrous core layer (Cl) and homogeneous peripheral layer (Pl). D: Type D secretory cell. Secretory granules are divided into homogeneous core layer (Cl) and granular peripheral layer (Pl). Ct: connective tissue, Ed: epidermis, N: nucleus, TAS: type A secretory cell.



**Fig. 5.** Histochemical features on the type A secretory cells of the marginal mantle in the ark shell, *Scapharca broughtonii*. A: PAS stained section showing the PAS positive secretory cells in the inner epidermis (Ed) and connective tissue (Ct). B: PAS stained section showing the PAS positive secretory cells in the outer epidermis (Ed) and connective tissue (Ct). C: AB-PAS (pH 2.5) stained section showing the PAS positive secretory cells in the inner epidermis and AB positive secretory cells in the connective tissue. D: AB-PAS (pH 2.5) stained section showing the AB positive secretory cells in the outer epidermis and connective tissue. E: AF-AB stained section showing the AF positive secretory cells in the inner epidermis and AB positive secretory cells in the connective tissue. F: AF-AB stained section showing the AF and AB positive secretory cells in the outer epidermis and connective tissue. Si: sinusoidal cavity.

로 막을 가지지 않았다. 이들 세포의 분비과립은 C형 분비세포들의 분비과립처럼 중심부와 주변부로 구분 되는데, 중앙부는 전자밀도가 높은 균질상의 물질이 존재하며 이를 과립상의 물질이 감싸고 있는 형태였다(Fig. 4-D).

결합조직층은 바깥 상피층과 안쪽 상피층 사이에 위치하는데, 대부분의 교원섬유와 일부 근섬유가 혼재하여 구성되어 있었으며, 동양강(sinusoidal cavity)이 형성되어 있었다. 결합조직층에는 상피층에서부터 확장된 분비세포들과 여러 종류의 혈구들이 분포하

고 있었으며 (Figs. 1-A & 3-C), 이 층의 두께도 상피층과 마찬가지로 가장자리에서 가장 높게 나타났다.

## 고 찰

연체동물의 피부 상피층은 기저막 위에 놓인 한 층의 세포층으로 얇은 결합조직층에 의해 지지되며, 상피층을 구성하는 주된 세 가지 세포 종류는 상피세포, 섬모세포, 선세포이다. 이러한 구조는 와충류 (Turbellarians), 환형동물 (Annelids), 극피동물 (Echinoderms)과 유사하다 (Bubel, 1984).

이매패류의 피부계는 패각이라는 외골격과 내부의 외투막으로 구성되는데, *Mercenaria mercenaria* (Neff, 1972a), 진주담치, *Mytilus edulis*와 *Cardium edulis* (Bubel, 1973) 그리고 버지니아굴, *Crassostrea virginica* (Morrison, 1993)의 외투막은 가운데 결합조직층을 상피층이 위 아래로 덮고있는 구조이며, 상피층은 단층으로 상피세포, 섬모세포 및 점액세포들로 구성되어 있다.

본 연구 결과 피조개 외투막의 전체적인 구조와 상피층의 구성은 위에서 언급했던 것과 동일하여 피조개의 외투막도 다른 이매패류와 유사한 구조를 가지는 것으로 확인되었다.

이매패류에서 외투막 구조의 기본적인 체제는 유사하며, 외투막은 주로 외투강의 정화, 점액의 분비 및 패각형성에 관여 하지만, 이들 상피층과 결합조직층에서 구성세포의 종류와 미세구조는 종과 부위에 따라 다양한데 (Kawaguti & Ikemoto, 1962a, b; Bubel, 1973; Saleuddin, 1974; Morrison, 1993), 이러한 외투막 상피층을 구성하는 세포의 구조적 차이는 이들 세포의 화학적 특성의 차이를 나타내며, 부위에 따라서 상피층의 두께가 다른 것은 물질의 분비활성과 연관된다 (Beedham, 1958).

*Lymnaea stagnalis*의 외투막에서 점액세포들은 가장 자리의 안쪽 상피층에 주로 분포한다 (Timmermans, 1969). Bubel (1973)은 이매패류 3종 (진주담치, *Mytilus edulis*, *Cardium edulis*, *Nucula sulcata*)에서 각정에 가까운 부분으로부터 패각 가장자리까지 외투막을 central zone, pallial zone, marginal zone의 세 부분으

로 구분하여 각 부위별 외투막의 구조를 보고하였는데, 외투막 상피층의 두께는 marginal zone에서 central zone으로 가면서 차츰 감소하는 경향을 보였다. *Astarte* 외투막의 outer fold에서는 네 종류의 세포가 구분되었지만 middle fold에서는 한 종류의 세포만이 관찰되었다 (Saleuddin, 1974). 버지니아굴, *C. virginica*의 외투막의 바깥쪽 상피층에서는 점액분비세포들의 분포 정도가 높으며 섬모와 미세융모의 발달이 미약하지만, 안쪽 상피층에서는 섬모세포와 미세융모가 잘 발달되어 있다 (Morrison, 1993).

외투막의 안쪽 상피층에서 발달된 섬모세포들은 위에서 언급했던 진주담치, *M. edulis*, *C. edulis*, *N. sulcata*, 버지니아굴, *C. virginica* 이외에도 *Fabulina nitidula* (Kawaguti & Ikemoto, 1962a)에서 관찰되었는데, 이들은 세포질 상부에 발달된 다수의 미토콘드리아를 가진다.

본 연구 결과 피조개 외투막 상피층에서는 지지세포, 섬모세포 및 네 종류의 분비세포가 관찰되었는데, 지지세포와 섬모세포는 안쪽 상피층에서 발달되어 있었으며, 분비세포들은 각정부와 가장 먼 가장자리 부위와 바깥쪽 상피층에서 분포정도가 높았다.

피조개와 위에서 언급된 보고에서 볼 수 있는 이와 같은 구조적 특징은 바깥쪽 외투막 상피층은 주로 패각형성에 관여하고 안쪽 상피층은 주로 감각, 정화 및 섭식 기능을 수행하기 위한 것으로 생각된다.

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

버지니아굴, *C. virginica*의 외투막의 상피층에서는 두 종류의 점액세포가 보고되었는데, 한 종류는 전자 밀도가 높은 과립을 함유하고 있으며, 다른 한 종류는 전형적인 배상의 점액세포인데, 조직화학적인 조사결과 이들은 중성점액을 가진다 (Morrison, 1993).

Pearl oyster, *Pinctada mazatlanica*의 외투막에서는 네 종류의 분비세포가 보고되었는데, 첫 번째는 대형 분비세포로 이들은 약염기성으로 외투막의 상피층에



분포하며, 탄수화물, 산성 단백질, 황화 산성 뮤코다당류 및 칼슘 과립을 함유한다. 두 번째는 소형분비세포로 강염기성이며, middle fold에만 분포하며 산성 뮤코다당류를 분비한다. 세 번째는 호산성 분비세포로 periostracal groove에 주로 분포하며 단백질 합성에 관여한다. 네 번째는 대형의 호산성 분비세포로 central zone에 주로 분포하며 글리코젠 합성에 관여한다(Garcia-Gasca et al., 1994).

피조개의 외투막에서는 네 가지 형태의 분비세포가 관찰되었는데, 그 가운데 외투막 가장자리에 가장 많이 분포하며 전형적인 점액세포 형태인 A형 분비세포는 PAS, AB-PAS (pH 2.5) 및 AF-AB 반응 결과 이들의 점액물질은 세포의 분포위치에 따라 다소 다르게 나타났다. 가장자리 근처의 안쪽 상피층에 존재하는 점액세포들은 중성의 sulfated mucopolysubstance로 구성된 점액을 함유하며, 안쪽 상피층 근처의 결합조직에 분포하는 점액세포들은 산성의 carboxylated mucopolysubstance로 구성된 점액을 함유하고 있었다. 그리고 바깥쪽 상피층과 이에 인접한 결합조직층에 분포하는 점액세포들의 점액은 산성의 sulfated mucopolysubstance와 carboxylated mucopolysubstance로 구성되어 있었다.

전형적인 점액세포 형태의 분비세포들은 이매패류인 *Mercenaria mercenaria* (Hillman, 1968)와 복족류인 *Helisoma duryi eudiscus* (Kapur & Gibson, 1968)에서 패각의 형성에 중요한 역할을 하며, *Lymnaea stagnalis* (Timmermans, 1969)의 경우에는 이들 세포로부터 분비된 점액은 외투막의 윤활작용에 기여한다.

일반적으로 외분비선은 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 & Ikemoto, 1962a), *Musculus senhousia* (Kawaguti & Ikemoto, 1962b), *Mercenaria mercenaria* (Neff, 1972a), 진주담치, *M. edulis*, *C. edulis*, *N. sulcata* (Bubel, 1973), 버지니아굴, *C. virginica* (Morrison, 1993)에서 보고된 분비세포들과 본 연구에서 관찰된 네 종류의 분비세포들은 모두 단세포선이었으며, 세포사 또는 세포성 분물이 분비 내강에서 관찰되지 않는 점으로 보아

부분분비선으로 추정되었다. 하지만 Lyonsiidae 가운데 *Lyonsia*와 *Entodesma*의 외투막 가장자리에서는 다세포선들이 관찰된다(Prezant, 1981).

피조개 외투막의 결합조직층은 기질, 교원섬유 및 근섬유로 구성된 소성 결합조직층으로 이와 유사한 구조는 버지니아굴, *C. virginica* (Morrison, 1993)과 pearl oyster, *P. mazatlanica* (Garcia-Gasca et al., 1994)에서도 보고되었는데, 이러한 소성결합조직층의 구조는 발달된 분비세포의 활성화에 따른 세포의 확장을 용이하게 할 수 있는 것으로 판단된다.

이매패류 가운데 진주담치, *M. edulis*와 *Lamellidans marginalis*에서 패각과 외투막 사이의 공간(extrapallial cavity)을 채우는 체액은 아미노산, 단백질, 뮤코다당류, 유기산, 지질 및 이산화탄소 등을 함유하는데, 이러한 체액의 구성은 패각형성과 관련이 있다(Wilbur & Saleuddin, 1983).

외투막 상피층 아래의 결합조직층에서 형성된 패각 구성물질의 주성분인 칼슘은 작은 과립형태로 조합되거나 또는 직접 정단세포질로 이동하여 미세용모를 통하여 패각과 외투막 사이의 공간으로 방출되거나 세포 사이의 공간(intercellular space)을 통하여 방출된다(Neff, 1972b).

이러한 사실과 본 연구에서 관찰된 외투막의 구조를 연관시켜 볼 때, 피조개 각정 부분의 외투막 바깥 상피층은 자유면에 미세용모를 가지지 않으므로 상피층 아래의 결합조직층에서 형성된 칼슘의 정단세포질을 통한 패각과 외투막 사이의 공간으로의 방출 기능은 다른 부분보다 낮을 것으로 판단되지만 이에 관해서는 세밀한 연구가 진행되어야 할 것이다. 아울러 본 연구에서는 외투막 상피층을 구성하고 있는 세포들 사이의 상부측면에서 부착띠(zonula adherens)가 관찰되었으나 이 외의 세포 사이의 공간을 통한 방출에 관해서는 세부적인 결과가 불충분하므로 피조개의 외투막에서 세포사이의 공간을 통한 칼슘의 방출에 대해서도 추후의 논의가 필요하다.

## 참고문헌

Beedham GE: Observation on the mantle of the lamelli-

- branchia. Q J Microsc Sci 99:181-197, 1958.
- Bubel A: An electron microscope investigation of the cells lining the outer surface of the mantle in some marine molluscs. Mar Biol 21:245-255, 1973.
- Bubel A: Epidermal cells. In: Bereiter Hahn J, Matoltz AG, Richards KS, eds, Biology of the Integument, 1 Invertebrates, pp. 400-477, Springer Verlag, New York, 1984.
- Garcia Gasca A, Ochoa Baez RI, Betancourt M: Microscopic anatomy of the pearl oyster *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856). J Shellfish Res 13:85-91, 1994.
- Hillman RE: Histochemistry of mucosubstances in the mantle of the clam, *Mercenaria mercenaria* L. A glycosaminoglycan in the first marginal fold. Trans Am Microsc Soc 87:361-367, 1968.
- Kapur SP, Gibson MA: A histochemical study of the development of the mantle edge and shell in the fresh water gastropod, *Helisoma duryi eudiscus* (Pilsbry). Can J Zool 46:481-491, 1968.
- Kawaguti S, Ikemoto N: Electron microscopy on the mantle of a bivalve, *Fabulina nitidula*. Biol J Okayama Univ 8:21-30, 1962a.
- Kawaguti S, Ikemoto N: Electron microscopy on the mantle of a bivalve, *Musculus senhousia* during regeneration of the shell. Biol J Okayama Univ 8:31-42, 1962b.
- Kurosumi K, Shibasaki S, Ito T: Cytology of the secretion in mammalian sweat glands. Int'l Rev Cytol 87:253-329, 1984.
- Morrison CM: Histology and cell ultrastructure of the mantle and mantle lobes of the Eastern oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin): a summary atlas. Amer Malac Bull 10:1-24, 1993.
- Neff JM: Ultrastructural studies of periostracum formation in the hard shelled clam *Mercenaria mercenaria* (L). Tissue Cell 4(2):311-326, 1972a.
- Neff JM: Ultrastructure of the outer epithelium of the mantle in the clam *Mercenaria mercenaria* in relation to calcification of the shell. Tissue Cell 4(4):591-600, 1972b.
- Prezant RS: The arenophilic radial mantle glands of the Lyonsiidae (Bivalvia: Anomalodesmata) with notes on Lyonsiid evolution. Malacologia 20(2):267-289, 1981.
- Saleuddin ASM: An electron microscopic studies of the formation and structure of the periostracum in *Astarte* (Bivalvia). Can J Zool 52:1463-1471, 1974.
- Timmermans LPM: Studies on shell formation in molluscs. Neth J Zool 19:417-523, 1969.
- Vitellaro Zuccarello L: Ultrastructural and cytochemical study on the enzyme gland of the foot of a mollusc. Tissue Cell 13:701-713, 1981.
- Wilbur KM, Saleuddin ASM: Shell formation. In: Saleuddin ASM, Wilbur KM, eds, The Mollusca, Vol 4. Physiology, Part 1, pp. 235-287, Academic Press, New York, 1983.

### < 국문초록 >

피조개의 외투막은 바깥 상피층, 결합조직층 그리고 안쪽 상피층으로 구성되어 있다. 상피층은 단층으로 지지세포, 섬모세포 및 분비세포들로 구성되며, 결합조직층은 주로 교원섬유와 근섬유로 이루어져 있다. 안쪽 상피층의 지지세포들은 원주형으로 자유면은 미세융모로 덮여있다. 섬모세포들은 자유면에 섬모와 미세융모를 가지며, 이들 세포의 세포질 상부에서는 다수의 관상 미토콘드리아들이 관찰된다. 분비세포들은 주로 바깥 상피층에서 관찰되며, 분비과립의 형태학적 특징에 따라 A, B, C, D 네 종류로 구분할 수 있다. A형 분비세포들은 점액세포로서 가장자리와 중앙부의 외투막에서 주로 관찰되며, 이들 세포의 분비과립은 전자밀도가 낮고 막을 가지지 않는다. B형 분비세포들은 발달된 다수의 조면소포체와 골지체 그리고 전자밀도가 높고 막을 가진 분비과립들을 함유한다. C형 분비세포들의 분비과립은 섬유성분의 중심부와 균질성의 주변부로 구분된다. D형 분비세포들은 주로 중앙부와 각정부 외투막의 바깥 상피층에서 관찰되며, 이들 세포의 분비과립은 균질성의 중심부와 과립상의 주변부로 구분된다. 이와 같은 결과들은 피조개 외투막의 바깥 상피층은 해각형성에 관여하며, 안쪽 상피층은 외투강 정화에 관여함을 의미한다.