한국패류학회지 : 제 4 권 1 호
Korean J. Malacol.
Vol. 4(1): 1-16, 1988

피뿔고둥(*Rapana venosa* Valenciennes)의 Osphradium에 관한 形態學的 硏究

李 定 宰·金 聖 訓

제주대학교 해양과학대학 증식학과

= **Abstract** =

Morphological Study on the Osphradium of *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae)

Jung Jae Lee and Seong Hoon Kim

Dept. of Aquaculture, College of Ocean Science,
Cheju National University, Cheju, 690-120, Korea

The authors observed histochemical and ultrastructural characters on the osphradium of *Rapana venosa* Valenciennes using light microscope, scanning and transmission electron microscpes. The results were as follows:

1) The basic structure of osphradium was bipectinated-shape, which consisted of a septum situating in the center of osphradium and numerous osphradial leaflets. On the other hand, Epidermis of osphradial leaflets formed the structure of pseudostratified ciliated columnar epithelium which was composed of an epithelial cell layer, a basal cell layer and a neuropile.

2) Ciliated epithelial cells: A large number of these cells were observed on the lateral and ventral regions but a small number of them were observed on the dorsal region. These cells had cylindrical microvilli, slender mitochondria and several nerve fibers.

3) Supporting cells: These cells had cylindrical microvilli, spongy layer, electron dense granules, mitochondria and nerve fibers.

4) Four types secretory epithelial cells: Four distinct types of secretory epithelial cells were recognized and were arbitrarily designated as *Type I, Type II, Type III and Type IV.*

Cell type I: These cells contained electron dense granules (diameter, 0.94~1.56 μm), well-developed Golgi apparatus and rough endoplasmic reticula.

Cell type II: These cells contained two types of granules of the different electron density. One was high electron density granules which were 0.4~1.0 μm in diameter, The other was low electron density granules which were 0.75~1.2 μm in diameter.

Cell type III: These cells had fibrous secretory materials and exhibited strongly positive reaction with Toluidine blue.

Cell type IV: A large number of this type of cells were observed on the ventral region of osphradial leaflets and positively reacted with periodic acid-Schiff reagent.

5) Dark cells contained several electron dense ciliary rootlets and numerous granules but cellular organelles were not observed.

6) Four types basal cells: Four distinct types of basal cells were recognized and arbitrarily designated as *Type I, Type II, Type III* and *Type IV.*

Cell type I (light cell): These cells exhibited low electron density and contained short smooth endoplasmic reticula, several vacuoles and granules.

Recieved March 18, 1988

Cell type II (tessellation like structure cell): These cells showed labyrinth shape which was composed of a multi-array of well-developed endoplasmic reticulum-like structures.

Cell type III (halved onion like structure cell): These cells were exhibited a multilamellar system consisted of smooth endoplasmic reticulum-like structures.

Cell type IV (multivacuolar cell): These cells were mostly of irregular shape and contained numerous vacuoles.

7) Neuropile had a nerve trunk composed of numerous bundles of nerve fibers. In the basal lamina between epidermis and dermis, Bundles of nerve fibers which originated from the neuropile of the dermis penetrated the much convoluted basement membrane and finally protruded into the neuropile of the epidermis.

8) In the synaptic region of the dermis were observed neurotubules, several vesicles and numerous granules such as a large core dense-centered and a small core dense-centered.

9) The authors looked upon the osphradium of *Rapana venosa* as a sensory organ carrying out physiological functions such as mechanoreceptor and chemoreceptor.

序 論

腹足類의 osphradium에 관한 연구는 Spengel (1981)이 神經支配 및 嗅覺器管이라고 최초로 발표한 이래 生理學的 및 形態學的인 많은 연구가 보고 되었다.

生理學的 연구로서는 털탑고둥(Copeland, 1918), 군소(Merton, 1920; Stinnakre and Tauc, 1969), *Bullia laevissima* (Brown and Noble, 1960), 물레고둥(Bailey and Laverack, 1963) 등에서 많은 연구가 이루어졌다.

한편 腹足類 osphradium의 기능에 관한 연구가 활발히 이루어져서, 그의 기능도 연구자의 견해에 따라 다양하여, mechanoreceptor (Hubert and Yonge, 1937; Yonge, 1947), chemoreceptor (Copeland, 1918; Wolper, 1950; Brown and Noble, 1960; Bailey and Laverack, 1966; Bailey and Benjamin, 1968) 그리고 osmoreceptor (Jahan-Parwar *et al.*, 1969; Stinnakre and Tauc, 1969; Woodson and Schalpfer, 1979; Bablanian and Treitsman, 1983; Ter Maat *et al.*, 1983; Theler *et al.*, 1987) 등의 서로 다른 기능이 보고되었다.

또한 生理學的 연구분야 뿐만 아니라 osphradium의 形態學的인연구도 많이 이루어져서, 新腹足目(Bernard, 1890)에서 처음으로 밝혀진 이후 물레고둥(Dakin, 1922; Welsch and Storch, 1969), 달 팽 이 (Benjamin and Peat, 1971), 좁쌀무늬고둥, 엽주름고둥, 총알고둥(Anderson, 1963; Alexander, 1970; Crisp, 1973; Newell and Brown, 1977; Kamardin, 1984), *Conus flavidus* (Alexander and Weldon, 1975) 그리고 군소(Theler *et al.*, 1987) 등에서 osphradium의 광학현미경적 및 전자현미경적인 연구가 이루어졌다.

이러한 腹足類들에서 osphradium을 구성하는 上皮細胞 및 神經細胞 등의 類型에 관한 分類는 種에 따라 相異하게 보고되었고, 또한 기능에 관한 견해도 서로 일치를 보지 못하여 더욱 연구의 과제로 남아있다.

따라서 본 연구자들은 우리나라의 서·남해안 지역에 주로 서식하는 卷貝類이며, 특히 海産無脊椎動物의 養殖에 피해를 주는 포식동물로서 뿐만 아니라 식용패류로 널리 알려져 있는 피뿔고둥(*Rapana venosa* Valenciennes)의 osphradium의 기본구조 및 嗅檢器小葉(osphradial leaflets)의 上皮를 이루고 있는 上皮細胞와 感覺細胞의 미세구조적인 특징으로 이들 세포의 類型을 分類하고, 相互連關關係를 규명함으로서 osphradium의 기능적 특성을 밝히고자 본 연구를 시행하였다.

材料 및 方法

서해안 조간대 지역에서 채집한 성체인 피뿔고둥의 아가미 우측 外套腔에 붙어있는 osphradium을 해부현미경하에서 摘出하여 다음과 같은 방법으로 관찰하였다.

1. 光學顯微鏡的 觀察

Osphradium 조직을 10% 中性 formalin 완충액에 고정하여 alcohol 탈수 후 paraffin법에 의해서 포매한 후 조직소편을 만들어 일반적인 조직을 관찰하기 위하여는

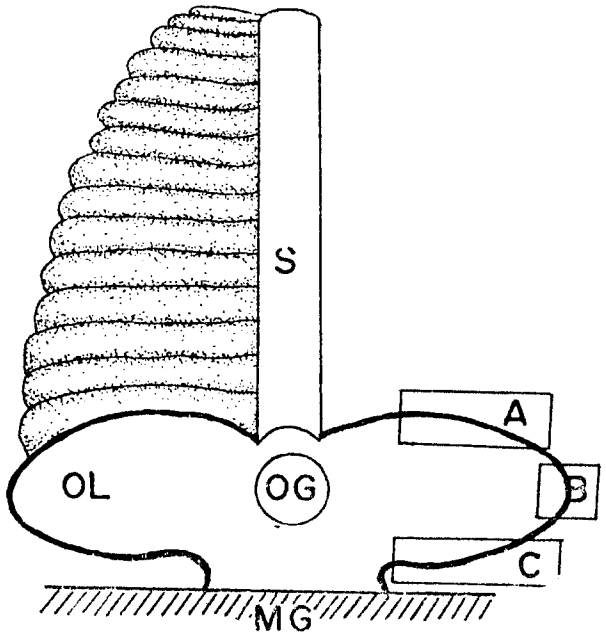


Fig. 1. Diagram showing the parts observed on the osphradial leaflet of *Rapana venosa*.
A : dorsal region, B : lateral region, C : ventral region, OL : osphradial leaflet, OG : osphradial ganglion, S : septum, MG : mantle ganglion

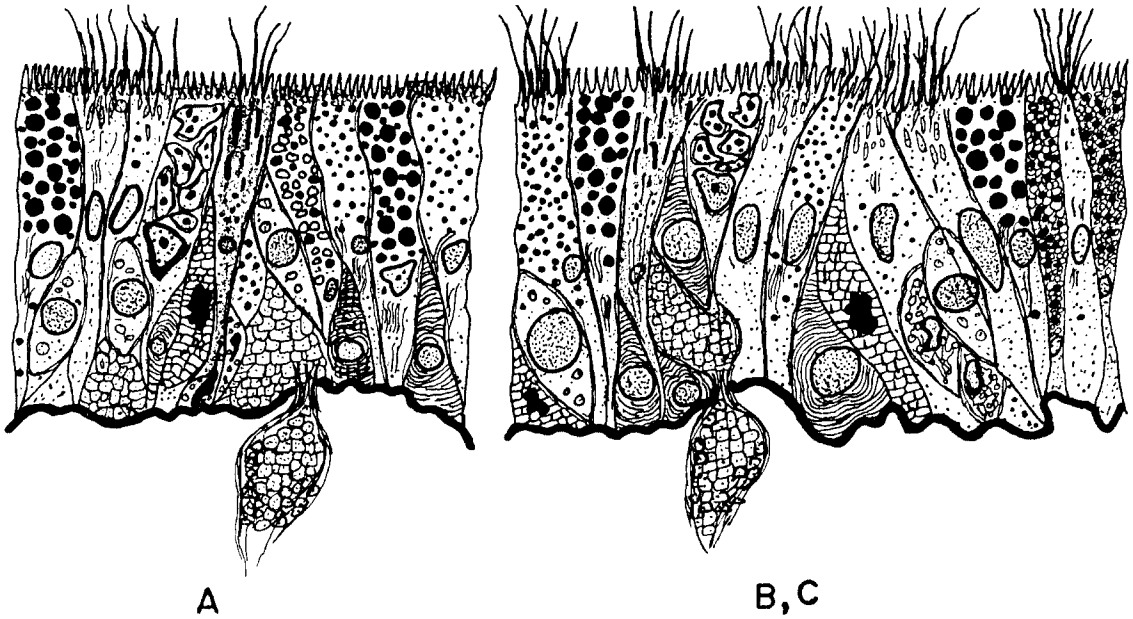


Fig. 2. Diagram of the epithelial cells on the osphradial leaflet revealed by TEM.
A : dorsal region, B,C : lateral and ventral region.

Hematoxylin-Eosin 염색을 시행하였고, 조직화학적인 관찰을 위하여는 periodic acid-Schiff (PAS)-alcian blue pH 2.5의 혼염을 시행하였다.

2. 走査型 電子顯微鏡的 觀察

해부현미경하에서 적출한 재료를 Sörensen's phosphate buffer sol. (pH 7.2, 4℃)으로 세척하여, 2.5% glutaraldehyde paraformaldehyde에 전고정한 후, 다시 Sörensen's phosphate buffer로 3회 세척하여 1% OsO_4에 후고정하였다.

고정된 재료를 alcohol과 aceton으로 탈수시킨 후 isoamylacetate로 처리하여 Hitachi HCP-2 Critical point dryer로 건조시킨 후 Eiko IB-3 ion coater에서 200Å 두께로 도금하여 Hitachi S-450 주사형 전자현미경으로 관찰하였다.

3. 透過型 電子顯微鏡的 觀察

2.5% glutaraldehyde-paraformaldehyde 및 1% OsO_4로 각각 전·후 고정한 조직소편을 alcohol 농도 상승순으로 탈수한 뒤 propylenoxide로 치환하고, Epon 812-araldite 혼합액에 포매하여 60℃에서 重合시켰다. Sorvall MT-2 ultramicrotome으로 semisection하여 Toluidine blue 용액에 염색반응시켜 부위를 확인한 다음 ultrathin section을 제작하여 uranyl acetate와 lead citrate 용액에 이중염색하여 JEOL-100 CX 형 전자현미경으로 관찰하였다.

結　　果

피뿔고둥의 osphradial leaflets의 上皮構造에 관한 組織學的 및 微細構造的 특징을 光學顯微鏡과 走査型 및 透過型 電子顯微鏡을 이용하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 走査型 電子顯微鏡的 所見

피뿔고둥의 osphradium은 腹腔內 아가미 우측 外套腔에 붙어있었으며, 그 기본구조는 隔膜을 가운데 두고 osphradial leaflets가 좌우쌍으로 뻗어있어 이중빗살모양을 하고 있었다(Pl.1. Fig. 1). 側面과 外套腔에 붙어있는 腹面에서는 촘촘히 배열된 섬모들과 표면이 거칠거나 혹은 섬모들과 표면이 거칠거나 혹은 매끈한 두 類型의 분비물이 관찰되었다(Pl.1. Fig. 2, 3).

2. 光學顯微鏡的 所見

osphradial leaflets를 Fig. 1, 2와같이 背面(A) 및 側面(B)과 腹面(C) 등으로 구분하였을 때, 背面에 인접한 부위에서는 神經纖維들이 덩어리를 이루어 1~5개의 다발로 관찰되었고, 外套腔에 붙어있는 腹面에는 PAS에 陽性反應을 보이는 세포가 上皮에 다수 존재하였다. 또한 osphradial leaflets가 붙어있는 外套腔에는 커다란 神經纖維덩어리가 출현하였다(Pl.1. Fig. 4).

한편, osphradial leaflests 上皮의 구조는 僞重層丹柱纖毛上皮로 이루어졌으며, 과립의 크기 및 Toluidine blue의 染色反應程度에 따라 4類型의 과립을 함유하는 上皮細胞 및 基底膜에 인접한 부위에는 다수의 基底細胞들이 밀집하여 존재하였고, 基底膜은 매우 심한 굴곡현상을 보여주었다(Pl.1. Fig. 5).

3. 透過型 電子顯微鏡的 所見

1) 上皮細胞

(1) 纖毛上皮細胞 : 원주형의 上皮細胞로서 osphradial leaflets의 腹面과 側面에 다수 존재하였으나 背面에는 소수 출현하였다.

自由面에는 纖毛細根(ciliary rootlet)에서 뻗어나간 섬모와 원통형의 미세융모가 고르게 발달하였으며, 유선형 또는 원통형의 핵은 세포질의 선단부에 위치하였다. 纖毛細根의 바로 아래쪽에는 10~12개의 neurotubules을 함유하는 神經纖維들이 관찰되었다. 또한 核上部 세포질에는 미약한 조면소포체, 골지체 그리고 리소솜 등이 출현하였으며 글리코겐은 세포질 전역에 산재해 있었다. 막으로 완전히 싸여져 있거나 혹은 일부 파괴된 상태의 액포도 관찰되었다(Pl.2. Fig. 6).

(2) 支持細胞 : 이 세포는 osphradial leaflets의 背面, 腹面 그리고 側面 등에서 흔히 관찰할 수 있었는데, 원형의 핵은 세포질 중앙부에 위치하였고, 自由面에는 원통형의 미세융모가 고르게 발달하였으며, 미세융모 하부에는 다수의 水疱(water blister)들이 層을 이루어 spongy layer를 이루고 있었다. 核上部 세포질에는 卵形의 미토콘드리아가 산재하였으며, 전자밀도가 비교적 높은 과립, 여러가지 모양으로 나타난 리소솜, microfilaments 그리고 6~12개의 neurotubules를 함유하는 神經纖維 등이 관찰되었다(Pl.2. Fig. 7)

(3) 分泌性 上皮細胞 : 分泌性 上皮細胞들은 形態學的으로 4 類型의 細胞로 구분할 수 있었다.

① **第1類型** ; 세포의 側表面 上部에서는 tight junction 및 desmosome들로 인접세포와 연결되었고, 自由面에는 원통형의 미세융모가 발달하였다. 또한 전자밀도가 비교적 높고 직경이 0.94~1.56 μm의 과립을 함유하고 있었으며, 과립이 변형되어 분비되는 현상도 관찰할 수 있었다(Pl.2. Fig. 8). 下部細胞質에서는 매우 발달한 層狀의 골지체와 골지성숙면과 조면소포체의 주변부에는 과립들이 출현하였다(Pl.2. Fig. 9).

② **第2類型** ; 支持細胞들 사이에서 다수 출현하였고 세포의 모양은 杯狀의 형태로 나타났다. 전자밀도가 높은 과립의 직경은 0.4~1.0 μm이고, 전자밀도가 낮은 과립의 직경은 0.75~1.2 μm인 전자밀도가 다른 2종류의 과립들이 존재하였다. 또한 下部細胞質에는 골지체가 層狀을 이루어 발달하여고, 골지성숙면과 조면소포체의 주변부에는 膜性의 소낭이 형성됨을 관찰할 수 있었으며, 세포질내에는 다수의 글리코겐이 출현하였다(Pl.3. Fig. 10).

③ **第3類型** ; 커다란 액포내에 纖維性 分泌物을 함유하는 上皮細胞로서 toluidine blue에 陽性反應을 보였다. 핵은 커다란 액포에 의해서 膨壓을 받아 직삼각형의 모습을 하고 있었으며, heterochromatins는 核中心部에 위치한 仁을 環狀으로 둘러싸고 있었다. 核周邊部에는 골지체, 미토콘드리아 그리고 조면소포체 등이 관찰되었다(Pl.3. Fig. 11).

④ **第4類型** ; 外套腔에 접해있는 osphradial leaflets의 腹面에서 다수 나타나는 分泌性 上皮細胞로서 PAS에 陽性反應을 나타냈다. 細胞質內에는 특이한 細胞小器官은 관찰되지 않았으나 전자밀도가 다른 두 종류의 과립들이 충만되어 있었고, 과립주변부에서는 다수의 글리코겐이 존재하였다(Pl.3. Fig. 12).

(4) 暗細胞 : 전자밀도가 높아 어둡게 보였으며, 세포의 모습은 杯狀으로 관찰되었다. 한편, 上部 細胞質에는 전자밀도가 높은 纖毛細胞들이 관찰되었고, 그 밑은 다수의 axon들이 纖毛細根과 인접하여 관찰되었다. 또한 axon 아래쪽에서는 비교적 전자밀도가 높은 다수의 과립과 액포 등이 출현하였으나 그 밖의 細胞小器官들은 관찰되지 않았다(Pl.3. Fig. 13).

2) 基底細胞

基底細胞들도 세포의 형태에 따라 4類型으로 구분할 수 있었다.

(1) 第1類型 ; 전자밀도가 낮아 밝게 보였고, 세포의 모양은 방추형으로서 거의 일정한 모양으로 관찰되었다. 核上部 細胞質에는 中央部가 투명하고 전자밀도 가 높은 과립들이, 核下部에서는 膜으로둘러 싸여있는 액포들이 그리고 核周邊部에는 짧은 조면소포체가 출현하였다(Pl. 3. Fig. 10, 14).

(2) 第2類型 ; 세포의 모습은 細長形으로 核膜은 많은 함입으로 심한 lobulation 현상을 볼 수 있었으며, 핵은 전자밀도가 높아 어둡게 관찰되었고, 下部 細胞質에 위치하였다. 또한 全細胞質은 활면소포체와 유사한 구조물들이 모자이크식으로 배열되어 迷路現象的 구조를 하고 있었다(Pl.3. Fig. 15).

(3) 第3類型 ; 核은 원형으로 核周邊部에서는 미토콘드리아 및 다수의 액포들이 출현하였으며, 또한 全 細胞質은 소포체와 유사한 구조물로 마치 양파 껍질 모양의 多層 層狀構造를 하고 있었다(Pl.4. Fig. 15, 16).

(4) 第4類型 ; 세포의 모양과 핵의 모양은 불규칙하였고 核周邊部에는 소수의 미토콘드리아와 모양이 다양한 액포들이 다수 관찰되었다(Pl.4. Fig. 17).

3) 神經纖維層

基底細胞層 밑은 직경이 서로 다른 神經纖維들이 덩어리지어 nerve trunk를 이루고 있었다. 神經纖維內에는 neurotubule과 비교적 전자밀도가 높은 과립 등이 출현하였다. 또한 基底膜에 인접한 nerve trunk 밑에서는 Schwann's 細胞가 관찰되었는데 이는 핵의 모양이 불규칙하였으며 세포질내에는 다양한 형태의 미토콘드리아, 액포 그리고 脂肪小適(oil droplet) 등이 관찰되었다(Pl.4. Fig. 18).

4) 眞皮層

Osphradial leaflets의 基底膜은 심한 굴곡현상이 있음을 볼 수 있었고, 神經纖維들이 眞皮에서 上皮쪽으로 基底膜을 뚫고 통과함을 볼 수 있었다(Pl.4. Fig. 20).

또한 眞皮의 神經纖維層에서는 일정한 방향으로 달리는 neorotubules(Pl.4. Fig. 20)과 axon내에는 전자밀도가 높고 心(core)의 직경이 큰 과립과 心의 직경이 작은 과립 그리고 액포 등이 다수 출현하였다(Pl.4. Fig. 21).

考　　察

피뿔고둥의 osphradium에 관한 기본구조 및 os-

phradial leaflets의 組織學的 그리고 微細構造的 특징을 밝히기 위한 일련의 本 實驗에서 얻은 형태학적인 특징과 지금까지 알려진 腹足類의 osphradial leaflets의 形態學的 및 生理學的인 特徵을 비교 고찰해 보면 다음과 같다.

피뿔고둥 osphradium의 基本構造는 隔膜을 가운데에 두고 osphradial leaflets가 좌우쌍으로 뻗어있어 이중빗살모양을 하고 있었다.

한편, 中腹足類의 서식지와 먹이습성에 따라 osphradium의 基本構造에는 현저한 차이를 나타내어 진흙바닥에 서식하며 有機物質의 파편조각을 섭식하는 갯고둥(Houbrick, 1978) 및 송곳고둥(Yonge, 1946) 등에는 osphradial leaflets가 없는 띠모양(taeniated type)의 osphradium이, 砂泥質에 서식하며 有機物質의 파편조각을 섭식하는 짜부락고둥(Houbrick, 1978, 1981) 및 砂泥質에 서식하며 초식성인 수정고둥(Berg, 1975)에서는 띠모양 또는 이중빗살모양의 비교적 단순한 구조의 osphradial leaflets를 갖는다고 보고하였다.

한편, 피뿔고둥의 서식지와 먹이습성이 유사한 구슬우렁이는 띠모양 혹은 이중빗살모양의 다소 복잡한 osphradial leaflets로 구성된 osphradium를 갖는다고 보고하였는데 (Maeda, 1986), 이는 피뿔고둥 osphradium의 基本構造와 거의 일치하여 서식지가 암반, 진흙, 砂泥質로, 또한 먹이습성이 유기물질의 파편조각, 초식성에서 육식성으로 갈수록 腹足類의 osphradium構造는 다소 복잡하고, 표면적이 확장되어 가는데 (Maeda, 1986), 이는 서식환경과 먹이 대상물과의 접촉면을 넓히기 위한 일련의 생리적인 적응현상이라고 생각된다.

한편, 피뿔고둥 osphradial leaflets 光學顯微鏡的 관찰에서 osphradial leaflets의 背面에 인접한 眞皮에는 1~5개의 神經纖維 다발이 osphradial ganglion에서 분지되었다.

한편, *Conus flavidus* (Alexander, 1970) osphradial leaflets의 背面에서 기원하는 5~8개의 손가락모양의 돌기에는 각 돌기마다 層狀神經 分枝를 내고 있음을 보고하였는데 이는 본 연구결과와는 相異하였으며, 또한 피뿔고둥 osphradial leaflets의 표면에는 손가락모양의 돌기는 전혀 관찰할 수 없었다.

한편, osphradial leaflets의 上皮構造는 纖毛上皮細胞, 支持細胞, 4類型의 分泌性 上皮細胞 및 暗細胞 그리고 4類型의 基底細胞 등으로 이루어진 僞重層纖毛円柱上皮로 관찰되었다.

支持細胞는 osphradial leaflets의 전 부위에서 관찰되는 上皮細胞로 미세융모, 水疱, 전자밀도가 높은 과립, 리소솜, microfilaments, neurotubules 등이 출현하여 Welsch and Storch(1969)의 물레고둥에서, Theler *et al.*,(1987)은 군소에서 관찰한 支持細胞와 대동소이하였으나 色素顆粒은 관찰할 수 없었다. 또한 *Pomatia elegans* 觸手의 支持細胞에서 나타나는 spongy layer (Wondrack, 1981)를 이루고 있어 다른 上皮細胞와 뚜렷한 특징을 보여 용이하게 관찰할 수 있었는데 이는 물리적인 자극에 대하여 충격을 완화하든지 혹은 미세융모와 神經纖維가 존재하는 것으로 미루어 보아 液狀의 먹이에 대한 認和 및 飮細胞作用을 수행하는 上皮細胞로 사료된다.

한편, 纖毛上皮細胞는 osphradial leaflets의 側面과 腹面에 다수 출현하며, 또한 원통형의 미세융모, 섬모 및 섬모세근이, 그 밑은 細長形의 미토콘드리아 그리고 10~12개의 neurotubules을 함유하는 神經纖維 등이 다수 관찰되었다. Crisp(1973)는 총알고둥, 좁쌀무늬고둥, 물레고둥, 옆주름고둥 등에서 纖毛上皮細胞는 osphradial leaflets의 腹面 가장자리에 다수 존재한다는 연구가, 또한 Benjamin and Peat(1971)는 달팽이에서 osphradial leaflets의 전부위에서 纖毛上皮細胞를 관찰보고하여 纖毛上皮細胞의 分布에는 種間에 다소의 차이는 있으나 특히 달팽이 (Benjamin and Peat, 1971)의 纖毛上皮細胞와 미세구조적인 특징은 거의 일치하였다. 또한 Welsch and Storch (1969)는 물레고둥에서 纖毛上皮細胞는 神經支配(innervation) 때문에 이를 感覺上皮細胞로 보고하였고, Benjamin(1968)은 腹足類에서 纖毛上皮細胞는 纖毛運動으로 不活性인 먹이입자를 끌어 모으는 역활을, Theler *et al.*, (1987)는 군소에서 纖毛上皮細胞의 纖毛를 感覺纖毛라고 언급하였는데, 피뿔고둥의 경우 osphradial leaflets의 纖毛上皮細胞는 纖毛細根과 細長形의 미토콘드리아의 相互關連 및 神經纖維의 출현 등으로 미루어 보아 纖毛運動으로 不活性의 먹이입자를 끌어 모으는 기계적 및 감각기능을 동시에 수행하는 感覺上皮細胞라고 생각된다.

한편, 피뿔고둥 osphradial leaflets의 分泌性 上皮細胞들은 細胞形態 및 染色性에 따라 4類型으로 구분할 수 있었다.

일반적으로 動物群에 따라서 粘液性 分泌物은 生物學的으로 중요한 서로 다른 기능을 수행한다고 알려져 있다. 즉 바다살유충(紐蟲)에서는 알에 대한 생식과정으로(Boie, 1952), 多毛類에는 먹이를 포착하는 管의 형성(Friedrich, 1964) 및 육상서식 腹足類에서는 건조에 대한 방어기작으로, 그리고 二枚貝에서는 粘液性膜을 형성하여 먹이입자를 소화관으로 끌어드리는 역할과 먹이입자에 효소를 분비하여 소화흡수를 용이하게 하는 역할(Pasteels, 1969; Welsch and Storch, 1972) 등 다양한 기능을 수행한다고 알려져 있다. 또한 달팽이의 osphradial leaflets에는 粘液性 分泌細胞와 顆粒性 分泌細胞(Boer *et al.*, 1967; Benjamin and Peat, 1971) 등을, 물레고둥에서는 2類型의 粘液性 分泌細胞(Welsch and Storch, 1969) 등을 관찰하였다. 또한 粘液性 分泌細胞와 顆粒性 分泌細胞의 粘液 및 顆粒의 形成起源에 관한 연구로서는 *Ciona*의 腸(Thomas, 1970), 포유류(Hollmann, 1963; Florey, 1964; Freeman, 1966) 등에서 골지체에서 起源한다는 골지체 기원설이 있고, 分泌機能은 과립 하나하나가 exocytosis에 의해서 또는 전과립이 덩어리지어 全分泌機能을 수행한다고 海産 無脊椎動物(Welsch and Storch, 1972)에서 보고되었다.

따라서 본 연구결과 分泌性 上皮細胞의 第1類型과 第2類型은 골지체에서 과립들이 형성되어 exocytosis에 의해 과립들이 분비되거나 혹은 전 분비과정을 걸치는 전이단계의 세포가 第3類型이며, PAS에 양성반응을 보여 中性粘液物을 분비하는 第4類型은 杯狀細胞라고 사료된다. 또한 分泌性 上皮細胞가 매우 발달한 것은 전술한 바와 같이 不活性인 먹이입자를 粘液性膜을 형성하여 소화관으로 끌어 모으는 역활 및 소화효소를 분비하여 소화흡수를 용이하게 하는 生理的인 機能을 수행하는 上皮細胞라고 생각된다.

한편, 暗細胞는 전자밀도가 높아 비교적 어둡게 보였으며, 전자밀도가 높은 纖毛細根과 顆粒 그리고 神經纖維 등이 출현하였으나 그 밖의 細胞小器官은 관찰되지 않았다. *Conus* spp. (Crisp, 1973)에서 이와 유사한 暗細胞를 관찰했는데 세포질 自由面에는 비교적 電子密度가 높은 미세융모의 돌기들이 관찰되었고, 물레고둥(Welsch and Storch, 1969)에서 이와 형태적으로 유사한 上皮細胞를 感覺細胞 第3類型으로 分類하였다. 본 연구결과 纖毛細根 및 神經纖維 등이 上部細胞質에서 다수 관찰되어 細胞質의 自由面이 外部環境과 접촉함으로서 感覺機能을 수행하는 上皮細胞로 생각되어지나 피뿔고둥의 osphradial leaflets에 출현하는 暗細胞는 지금까지 연구보고된 細胞와는 形態學的으로 相異한 점이 많아 더 많은 연구가 필요하다고 생각된다.

한편, 基底細胞들은 支持細胞, 纖毛上皮細胞 그리고 分泌性 上皮細胞의 아래쪽 基底層에 밀집하여 있었고, 基底細胞들의 自由面은 上皮表面에 노출되지 않았다. 電子顯微鏡的 觀察에서 電子密度가 낮아 밝게 보이고, 과립, 액포 그리고 짧은 소포체 등 비교적 細胞小器官이 미약한 明細胞를 第1類型, 또한 核膜은 심한 invagination으로 lobulation現象을 나타내고 核은 電子密度가 높아 매우 어두웠으며, 細胞質은 활면소포체와 유사한 구조물들이 모자이크식으로 배열하여 迷路現象的 構造를 보이는 細胞를 第2類型, 圓形의 核과 全細胞質은 소포체와 유사한 構造物로 多層의 層狀構造를 하는 細胞를 第3類型 그리고 細胞의 모양과 核의 모양은 매우 不定形이며 細胞小器官은 미약하나 다수의 액포를 갖는 細胞를 第4類型으로 區分하였다.

달팽이(Benjamin and Peat, 1971)에서 基底細胞들은 上皮의 分泌部에 위치하며 層狀構造를 이루는 투명한 細胞質을 갖고 있으나 특별한 기능을 수행하지 않는다고 보고하였다. 또한 피뿔고둥 基底細胞의 第3類型과 대동소이한 基底細胞를 神經膠細胞(glial cell)이라고 연구보고하였다(Benjamin and Peat, 1969). 한편, 물레고둥(Welsch and Storch, 1969)에서 리본(ribbon)과 유사한 構造物을 갖는 細胞를 感覺細胞 第4類型으로, 前鰓類(Crisp, 1973)에서는 感覺細胞 第4類型(Welsch and Storch, 1969)을 形態學的으로 서로 다른 2類型으로 구분했는데 즉, 전세포질은 반쪽 양파구조 모양의 활면소포체가 나선형의 구조를 하는 세포를 第1類型으로, 또한 전세포질은 膜性系의 構造物이 모양은 불규칙하나 거의 동일한 크기로 이루어진 다수의 액포를 갖는 세포를 第2類型으로 구분하였다. 또한, *Conus flavidus* (Alexander and Weldon, 1975)에서 피뿔고둥의 第3類型과 대동소이한 細胞와 細胞質은 多層의 層狀構造를 하는 細胞 등 2類型의 세포를 보고한 바 있다.

본 연구결과 第1類型과 第4類型은 특이한 細胞小器官은 미약하여 특별한 기능을 수행하는 細胞가 아니라고 사료되나, 第2類型과 第3類型은 소포체의 발달로 미루어 보아 分泌機能을 수행하는 細胞로 생각되지만, 이

에대한 生理學的 및 形態學的인 特徵에 관하여 더 많은 연구가 필요하다고 생각된다.

한편, 上皮의 基底細胞層 바로 밑층에는 neurotubules과 電子密度가 높은 과립을 갖는 神經纖維들이 밀집하여 하나의 nerve trunk를 이루며, 眞皮層의 神經纖維層에서 神經纖維가 돌기를 내어 굴곡이 심한 基底膜을 뚫고 통과하고 있었다. 또한 synapse를 이루고 있는 axon내에는 비교적 전자밀도가 높은 과립 및 액포 등이 다수 출현하였다.

군소(Theler *et al.*, 1987)에서 Retrograde Labelling Method (Lucifer yellow CH)로 osphradium을 관찰한 결과 神經纖維들이 眞皮層의 神經纖維層에서 基底層을 뚫고서 上皮로 통과함을 관찰하였다. 또한 하등한 軟体動物 중추신경계의 synapses는 脊椎動物의 synapses와는 다르나(Coggeshall, 1967), 달팽이의 뇌신경 섬유층내의 神經纖維 말단에는 脊椎動物의 synapses에서 관찰할 수 있는 과립과 액포 등을 함유한다고 보고하였다(Gerschenfeld, 1963). 또한 달팽이 osphradium (Benjamin and Peat, 1971)의 微細構造的 硏究에서 神經纖維層의 synapse를 이루고 있는 神經纖維內에서 두 형태의 과립과 액포 등을 보고한 바 있는데 이는 피뿔고둥의 관찰결과와 거의 유사하였다.

따라서 위의 사실들로 미루어 보아 osphradial leaflets의 神經支配(innervation)는 基底層 밑쪽 神經纖維層내의 神經纖維가 돌기(군소, bipolar, Theler *et al.*, 1987)를 내어 上皮의 纖毛上皮細胞 및 支持細胞까지 神經支配하여 osphradial leaflets의 感覺機能을 수행하는데 중추적인 역할을 담당하고 있다고 思料된다.

要 約

피뿔고둥의 osphradium을 구성하는 osphradial leaflets의 細胞學的 特徵과 機能에 관하여 光學顯微鏡과 走査型 및 透過型 電子顯微鏡으로 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) osphradium의 基本構造는 隔膜을 가운데에 두고 osphradial leaflets들이 좌우쌍으로 뻗어있어서 이중빗살모양을 하고 있었다.

2) osphradial leaflets의 上皮는 纖毛上皮細胞, 支持細胞, 4類型의 分泌性 上皮細胞, 暗細胞 등으로 이루어진 上皮細胞層 및 4類型의 基底細胞層 그리고 神經纖維層 등으로 구성된 僞重層纖毛円柱上皮의 構造를 하고 있었다.

3) 纖毛上皮細胞는 osphradial leaflets의 側面과 腹面에는 다수 존재하였으나 背面에서는 소수 관찰되었다. 細胞의 自由面에는 纖毛細根에서 기원한 纖毛 및 원통형의 미세융모 그리고 上部細胞質에는 細長形의 미토콘드리아와 神經纖維 등이 출현하였다.

4) 支持細胞는 osphradial leaflets의 背面, 側面 그리고 腹面 등에서 흔히 관찰할 수 있었다. 自由面에는 원통형의 미세융모, 海綿層(spongy layer) 및 소수의 세포소기관 그리고 神經纖維 등이 출현하였다.

5) 分泌性 上皮細胞에는 電子密度가 비교적 높고, 직경이 0.94~1.56 μm의 과립을 함유하며, 下部細胞質에는 層狀의 골지체와 조면소포체가 발달한 第1類型, 電子密度가 높은 과립의 직경은 0.4~1.0 μm, 電子密度가 낮은 과립의 직경은 0.75~1.2 μm인 2類型의 과립들이 존재하며, 下部細胞質에는 골지체와 조면소포체가 발달한 第2類型 및 纖維性인 分泌物을 갖는 分泌性 上皮細胞로서 Toluidine-blue에 陽性反應을 보이는 第3類型 그리고 외투강에 접해있는 osphradial leaflets의 腹面에 다수 출현하며 periodic acid-Schiff에 陽性反應을 보이는 第4類型 등으로 구분되었다.

6) 暗細胞의 上部細胞質에는 電子密度가 높은 纖毛細根과 axon들이 서로 연관하여 출현하였으며, 그 밖의 細胞小器官은 관찰되지 않았다.

7) 基底細胞에는 電子密度가 낮아 밝게 보이며, 과립 및 액포 그리고 짧은 소포체를 갖는 세포를 第1類型, 활면소포체 유사한 구조물이 모자이크식으로 배열하여 迷路現狀을 보이는 세포를 第2類型, 全細胞質이 활면소포체와 유사한 구조물로 양파껍질 모양의 多層의 層狀構造를 하는 細胞를 第3類型 그리고 細胞와 核의 모양이 부정형이며 다수의 액포를 갖는 세포를 第4類型 등으로 구분되었다.

8) 眞皮層에는 神經纖維突起가 굴곡이 심한 基底膜을 통과하여 上皮로 뻗어있었고, 神經纖維層에는 neurotubules와 과립 및 액포를 함유하는 axon이 관찰되었다.

9) 피뿔고둥의 osphradium은 mechanoreceptor와 chemoreceptor 등의 生理的인 機能을 함께 수행하는 感覺器官이라고 思料된다.

REFERENCES

Alexander, C.G. (1970) The osphradium of *Conus flavidus*. *Marine Biol*, **6**:236-240

Alexander, C.G. and M.W. Weldon (1975) The fine structure of the osphradial leaflets in *Conus flavidus Marine Biol.*, **33**:247-254

Aderson, E. (1963) Cellular and subcellular organization of the osphradium of *Busycon*. *Proc. 16th Int. Cogr. Zool.*, **2**:280-284

Bablanian, G. and S. Treitsman (1983) Sea water osmolarity influences bursting pacemaker activity in intact *Aplysia california*. *Brain Res*, **171**:342-345

Bailey, D.F. and M.S. Laverack (1963) Central nervous responses to chemical stimulation of a gastropod osphradium. *Nature, Lodon*, **200**:1122-1123

Bailey, D.F. and M.S. Laverack (1966) Aspects of the neurophysiology of *Buccinum undatum* L. (Gastropoda). I. Central responeses to the stimulation of the osphradium. J. Exp. Biol, **44**:131-148

Bailey, D. and P. Benjamin (1968) Anatomical and electrophysiological studies on the gastropod osphradium. *Symp. Zool. Sco, London*, **23**:26-268

Benjamin, P.R. (1968) Studies on the sensory systems of certain freshwater pulmonate molluscs. *Thesis for the degree of Doctor of Philosophy, Univ. of Durham, U.K.*

Benjamin, P.R. and A. Peat (1971) On the structure of the pulmonate osphradium. II. Ultrastructure *Z. Zellforsch. Mikosk. Anat.* **118**:168-189

Berg, C.J. (1975) Behavior and ecology of conch on a deep subtidal algal plain. *Bull. Marine Sci*, **25**(3):307-317

Bernard, F. (1890) Recherches sur les organes palleaux dex gastropodes prosobranches. *Annls. Sci. Nat. (Zool.)* **9**:89-404

Boer, H.H. S.E. Wendelaar Bonga, and N. van Rooyen (1967) Light and electron microscopical investigations on the salivary glands of *Lymnaea stagnalis*. *Z. Zellforsch*, **76**:228-247

Boie, H.J. (1952) Die Paketdrüsen von *Lineus ruber* O.F. Muller (Nemertin). *Z. Morph. Ökol. Tiere* **41**:188-222

Brown, A. and R. Noble (1960) Function of osphradium in *Bullia* (Gastropoda). *Nature*, 1045

Coggeshall, R.E. (1967) A light and electron microscopes study of the abdominal ganglion of *Aplysia californica*. *J. Neurophysiol*, **30**:1267-1287

Copeland, M. (1918) The olfactory reactions and organs of the marine snails, *Alectrion obscolta* (Say) and *Busicon canaliculatum* L. *J. Exp. Zool.* **25**:177-227

Crisp, M. (1973) Fine structure of some prosobranch osphradia. *Marine Biol*, **22**:231-240

Dakin, W.J. (1922) *Buccinum*, the whelk. L.M.B.C. Mem. typ. *Br. mar. Pl. Anim*, **20**:1-107

Florey, H.W. (1964) The secretion of mucous and inflammantion of mucous membranes. In: General pathology, pp 97-142. *Ed. by H.W. Florey. Lodon: Lloyd-Luke td.*

Freeman, J.A. (1966) Goblet cell fine structure. *Anat. Rec*, **154**:121-147

Friedrich, H. (1964) Die Haut der Anneliden. *Studium gen*, **17**:267-275

Gerschenfeld, H.M. (1963) Observations on the ultrastructure of synapses in some pulmonate molluscs. *A. Zellforsch*, **60**:258-275

Hollmann, K.H. (1963) The fine structure of the goblet cells in the rat intestine. *Ann. N.Y Academic Sci*, **106**:545-554

Houbrick, R.S. (1978) The family *Cerithiidae* in the Indo-Pacific. Monographs of Marine Mollusca *American Malacologists*. (1):1-30

Houbrick, R.S. (1981) Anatomy, biology and systemics of *Campanile symlicum* with reference to adaptive radiation of the Cerithiacea (Gastropoda: Prosobranchia). *Malacologia*, **21**(1-2):263-289

Hubert, G. and C. Youge (1937) A possible function of the osphradium in Gastropoda. *Nature*, **139**:840

Jahan-Parwar, B.M. Smith and R. von Baumgarten (1969) Acitivation of neurosecretory cell in *Aplysia* by osphradium stimulation. *Am. J. Physiol*, **216**:1246-1257

Kamardin, N. (1984) Ultrastructure of the osphradium surface in the *Murex saxatilis*. *Arch. Anat. Gistol. Embriol*, **86**:20-25

Maeda, T. (1986) Interrelationships of type of osphradium, habit and food habit of the Cerithiacea and its near superfamilies (Mesogastropoda). *Jap. Jour. Malac*, **45**(1):31-41

Merton, H. (1920) Untersuchungen uber die Hautsinnesorgane der Mollusken: I. Opisthobranchia. *Abh Sencken Naturforch Ges*, **36**:445-473

Newell, P. and A. Brown (1977) The fine structure of the osphradium of *Bullia digitalis* Meuschen (Gastropoda, Prosobranchia). *Malacologia*, **16**:197-205

Pasteels, J.J. (1969) Excretion de phophotase acide par

des cellules mucipares de la branchie au microscope electronique. *Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat,* **102**:594-600

Spengel, J.W. (1981) Die Geruchsorgane und das Nervensystem der Mollusken. *Z. Wiss. Zool,* **35**:333-383

Stinnakre, J. and L. Tauc (1969) Central neuronal response to the activation of osmoreceptor in the osphradium of *Aplysia. J. Exp. Biol,* **51**:347-361

Ter Maat, A.J. Kroppe and H. Pinsker (1983) Analysis of hormones and behavior in intact *Aplysia.* In "Molluscan Neuroendocrinology," Lever J, and H.H. (eds) *North Holland Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York* pp. 234-250

Theler, J.M. V.F. Castellucci, and A.J. Baertschi (1987) Ultrastructure of the osphradium of *Aplysia california. Cell Tissue Res,* **247**:639-649

Thomas, N.W. (1970) Mucus-secreting from the alimentary canal of *Ciona intestinalis. J. Mar Biol. Ass U.K.,* **50**:429-438

Welsch, U. and V. Storch (1969) Uber das osphradium der prosobranchen schnecken *Buccinum undatum* L. und *Neptunea antiqua* L. *Z. Zellforsch. mikrosk. Anat,* **95**:317-330

Welsch, U. and V. Storch (1972) The ultrastructure of epidermal mucous cells in marine invertebrates (Nemertini, Polychaeta, Prosobranchia, Opisthobranchia). *Marine Biol,* **13**:167-175

Wolper, C. (1950) Das osphradium der *Paludina. Z. Vergl. Physiol,* **32**:273-285

Wondrak, G. (1981) Ultrastructure of the supporting cells in the chemoreceptor area of the tentacle of *Pomatias elegans* (Müller) (Mollusca, Pulmonate). *J. Morphol,* **167**:211-230

Woodson, P. and W. Schalpfer (1979) The amplitude of post-tetanic potentiation of the EPSP RC1-R15 in *Aplysia* is modulated by environmental parameters. *Brain Res,* **173**:225-242

Yonge, C.M. (1946) On the habits of *Turritella communis. J. Mar. Biol. Ass. U.K.,* **26**:377-380

Yonge, C.M. (1947) The pallial organs in the aspidibranch Gastropoda and their evolution throught the Mollusca. *Philos. Trans. R. Soc. London (Biol.),* **232B**: 443-518

EXPLANATION OF PLATES

Fig. 1. A part of osphradium in *Rapana venosa* photographed by SEM. X460. It shows septum (S) and bipectinated-structure consisted of numerous osphradial leaflets (OL).

Fig. 2. The lateral and ventral portions of osphradial leaflets. X 1250. These have a great number of secretory materials and cilia. There are two types of secretory materials. One has smooth surface (S), The other has rough surface (R).

Fig. 3. Enlargement of Fig. 2. X8300.

Fig. 4. Longitudinal section of osphradium. PAS-Alcian blue pH 2.5 stain. X1400. It shows fingerlike structures. Osphradial leaflets are divided into three parts. One is dorsal part, another is lateral part, the third is ventral part attaching to the mantle cavity. The dorsal parts of osphradial leaflets have several bundles of nerve fibers (small arrows). But lateral and ventral parts have none. Large bundles of nerve fibers (BNF) are observed in the mantle cavity beneath the ventral part of osphradial leaflets. Long arrows indicate traces of secretory materials.

Fig. 5. A part of the epithelium of the osphradial leaflets. Toluidine-blue stain. X3000. It shows various cell types of epithelial cells. Secretoty epithelial cells (arrows) show the Toluidine-blue positive reaction but basal cells (BC) do not. The bundles of nerve fibers (BNF) just above the remarkably convoluting basement membrane (BM) appear at the epithelium basal.

Fig. 6. A part of ciliated epithelial cells of osphradial leaflets. X7000. Numerous cylindrical microvilli (MV) and several cilia(C) originated from ciliary rootlets develope on the free surface. Several neurotubules(arrows), various types mitochondria(M), lysosomes(L) and Golgi apparatus (arrow heads) are seen in the supranuclear region.

Fig. 7. A part of supporting cells of osphradial leaflets. X9300. A great number of cylindrical microvilli and a spongy layer(SL) surface. Electron dense granules(small arrows), neurotubules(large arrowheads), lysosomes(L) and microfilaments (f) are seen in the supranuclear region.

Fig. 8. The apical region of the secretory epithelial *cell type* I of sophradial leaflets epithelium. X14000. This cell is connected with other epithelial cells by desmosomes(arrows). Numersous cylindrical microvilli(MV) develope on the free suface. A secretory granules(SG) deformed protrudes into the free surface.

Fig. 9. The basal portion of the secretory epithelial *cell type* I. X35000. Secretory granules(SG), rough endoplasmic reticula(rER), a multilamellar structure Golgi apparatus(GA) and numersous free ribosomes are observed in the basal portion.

Fig. 10. A part of the secretory epithelial *cell type* II. X4000. High electron dense granules, low electron dense granules and Golgi apparatus(GA)develope abundantly.

Fig. 11. A part of the secretory epithelial cell type III. X9300. Large vaculoes fulfilled with fibrous secretory materials (FSM) scatters in the cytoplasm. In the *cell type* III, nucleus (N) is triangularly formed by dint of vacuoles. Heterochromatins (arrows) surround nucleolus (NU) or are scattered in the nuclearplasm.

Fig. 12. The secretoy *cell type* IV of the osphradial leaflets. X 3500. High electron dense granules and low electron dense ones are observed in the cytoplasm.

Fig. 13. A part of dark cell of osphradial leaflets. X 10000. These cells show a high electron density, so that it is dark. In the apical portion of this cell are observed electron dense ciliary rootlets (short arrows) and neurotubules (arrowheads). Numerous granules (long arrows) appear in the middle cytoplasm.

Fig. 14. Basal *cell type* I of the osphradial leaflets. X 4900. This cell show very low electron density, so that it is light. Several vaculoes (arrows) and short endoplasmic reticula (arrowheads) appear in the infranuclear and supranuclear regions.

Fig. 15. Basal *cell type* II (a) and *cell type* III (b) of the osphradial leaflets. X3600. Nucleus (N) of the *cell type* II is slightly invaginated. It's cytoplasm is entirely composed of endoplasmic reticulum-like structures, so that it is a tessellation-like system.

Fig. 16. Basal cell type III of osphradial leaflets. X8000. It's cytoplasm is entirely consists of multilamellary system composed of smooth endoplasmic reticulum-like structures, so that it has a labyrinth-like shape like an onion. Several vaculoes (arrowheads) and mitochondria (small arrows) are observed.

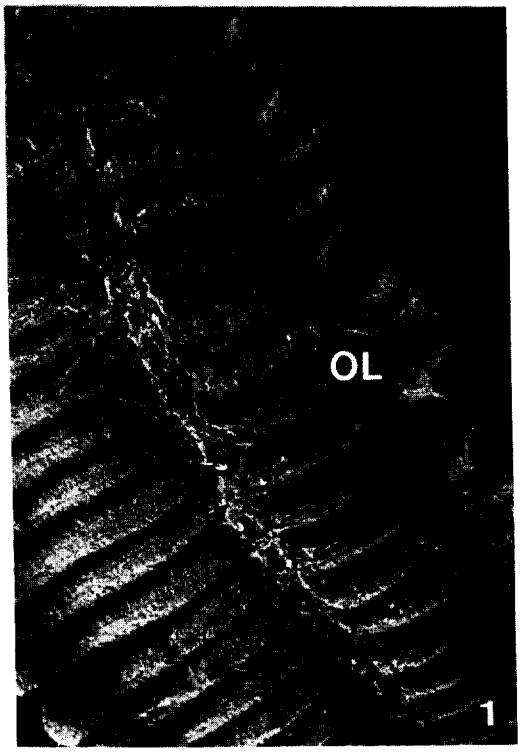
Fig. 17. Basal cell type IV of osphradial leaflets. X6500. Nucleus (N) are irregularly formed. It's cytoplasms are composed of great number of vacuoles (V) and several mitochondria (arrows).

Fig. 18. Neuropile of epithelium of osphradial leaflets. X4480. The nerve trunk (NT) consists of bundles of nerve fibers. The nerve trunk is surrounded by Schwann's cell. It's cytoplasm has several lipid droplets (arrowhead, L) and mitochondria.

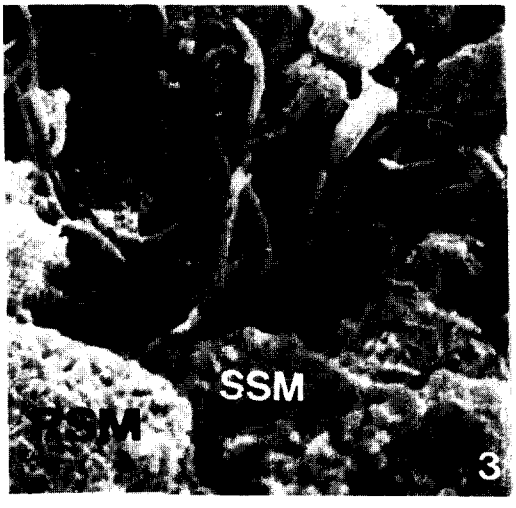
Fig. 19. Basal lamina between epidermis and dermis. X 4800. Bundles of nerve fibers orginated from the neuropile of the dermis penetrate the much-convoluted basement membrane (BM) and protrude into the neuropile of the epidermis. a: axon, d: dendrite

Fig. 20. Synaptic region of dermis. X4400. In the synaptic region appear neurotubules (nt), several small core dense-centered granules (arrowhead) and numerous vesicles (arrows).

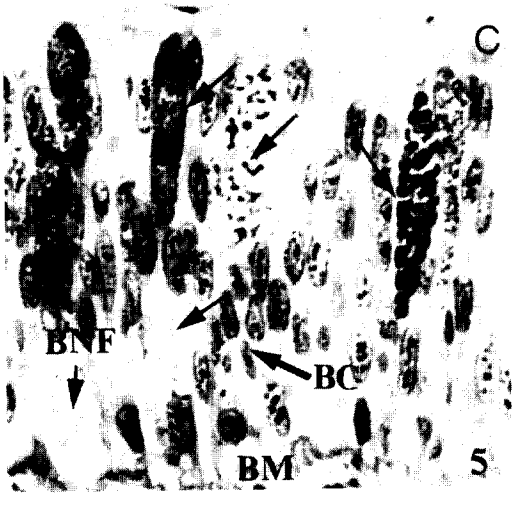
Fig. 21. Enlargement of synaptic region. X 24000. In the axon appear numerous vesicles (arrowheads), large core dense-centered granules (dl) and small core ones (ds).

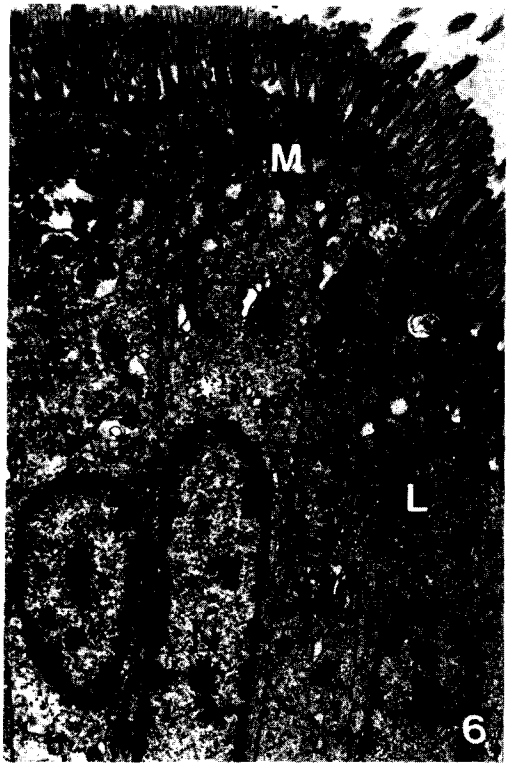

OL
1

S
R
S
2


SSM
3

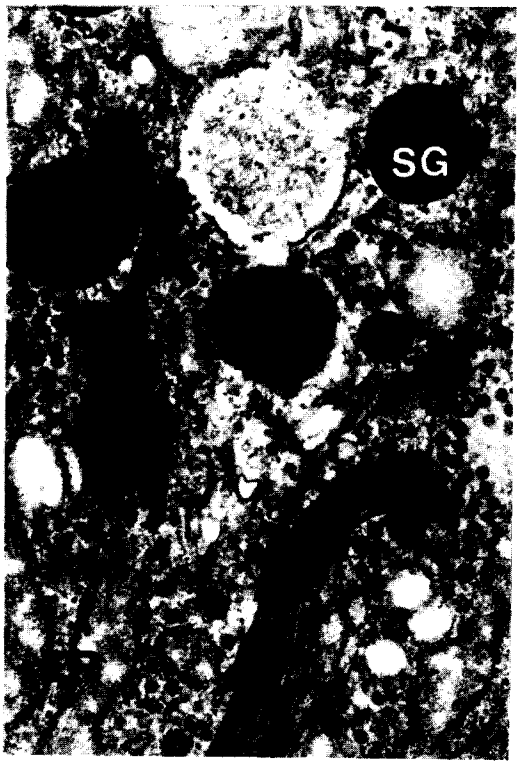
OL
BNF
4


C
BNF
BC
BM
5

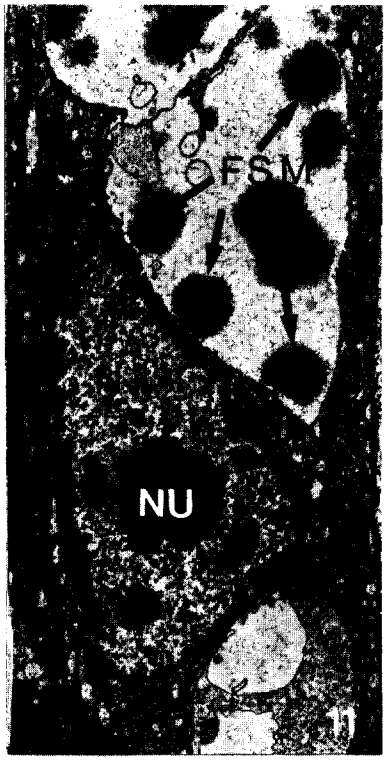

M
L
6

WB
7

MV
SG


SG

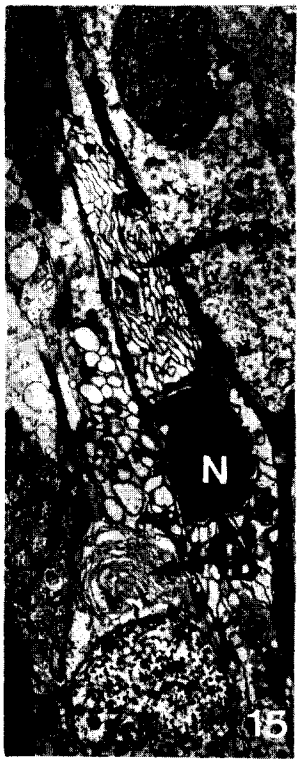
N
10

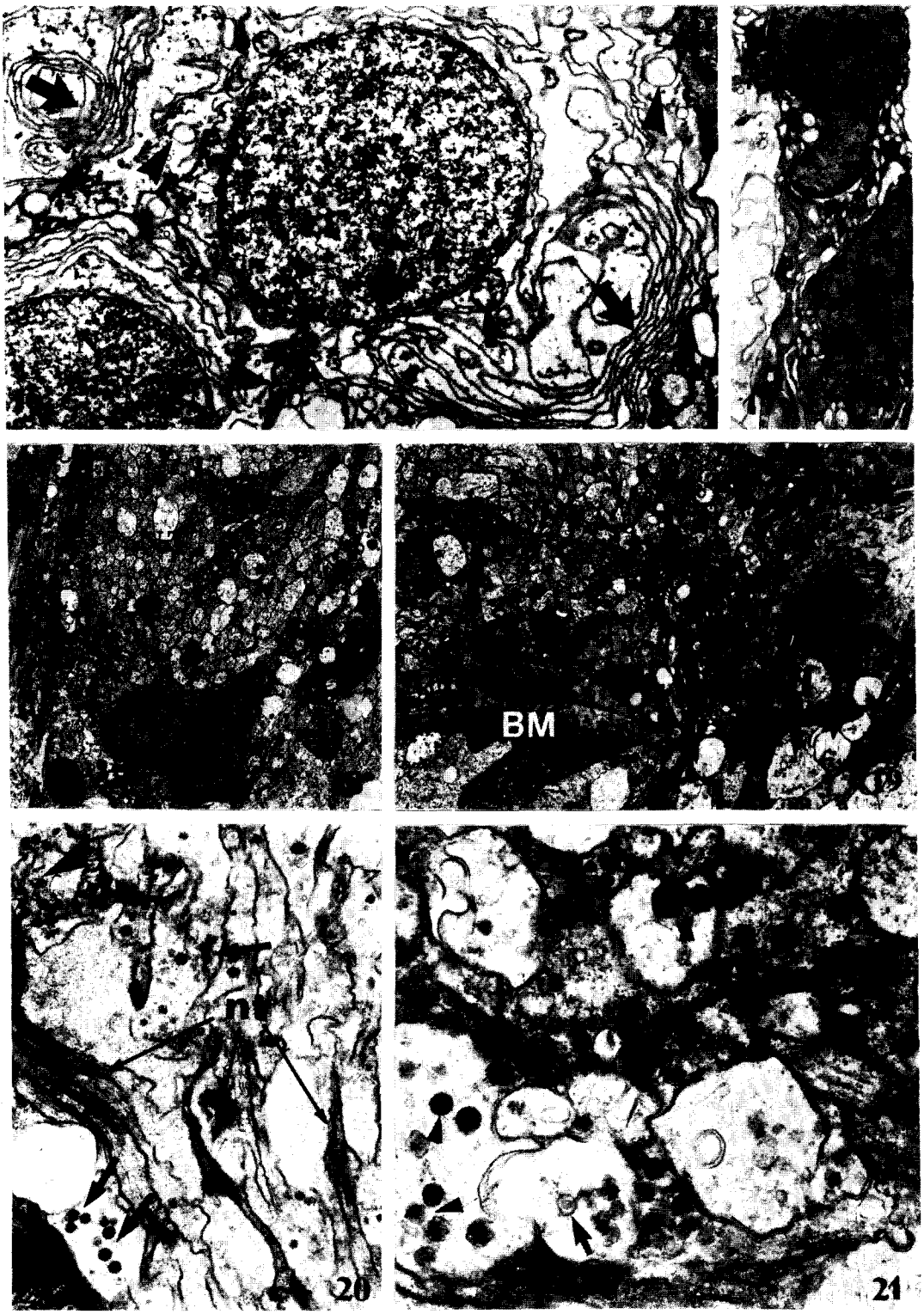

FSM
NU
11

12

13

N


N
15


BM
20
21