

복섬, *Takifugu niphobles* 피부계의 미세구조 및 조직화학적 특징

안철민 · 김재원¹ · 진영국^{2,*} · 박정준² · 이정식²

국립수산과학원 자원회복사업단, ¹강원도립대학 해양생물자원개발과,
²전남대학교 수산생명의학과

Ultrastructure and Histochemistry on the Integumentary System of the Grass Puffer, *Takifugu niphobles* (Teleostei: Tetraodontidae)

Chul Min An, Jae Won Kim¹, Young Guk Jin^{2,*},
Jung Jun Park² and Jung Sick Lee²

Fisheries Resources Restoration Development and Management Center, NFRDI,
Pusan 619-705, Korea

¹Department of Marine Bio-resources, Gangwon Provincial College,
Gangneung 210-804, Korea

²Department of Aqualife Medicine, Chonnam National University,
Yeosu 550-749, Korea

The fine structures and histochemical features on the integumentary system of the grass puffer, *Takifugu niphobles* were examined by means of the light and transmission electron microscopy. Integumentary surface of the grass puffer showed irregular folds in light microscope. The folds of the ventral region are more pronounced than those in the dorsal region. Integumentary system is composed of outer epidermal layer and inner dermal layer. The stratified epidermal layer consists of epithelia, mucous cells, club cells, granular cells and multivacuolar gland. Epithelial cells are classified into superficial, intermediated and basal cell, and free surface of superficial cell is covered with microridges. Glands of the epidermal layer are divided into unicellular and multicellular gland. Mucous cells of multicellular gland contains mucosal materials of neutral glycoprotein. Multivacuolar gland is composed of numerous vacuole cells of about 20 µm in axial diameter. Vacuole cells contains a large central vacuole and are connected to another by many desmosomes. The mucous glands and multivacuolar glands are more abundant in ventral region than dorsal integument. The thickness of dermis is more three to five times than epidermis in ventral integument. The collagen fibers, fibrocytes, nerve cells, basal plate of spine and chromatophore are observed in the dermal layer of compact connective tissue.

Key words : *Takifugu niphobles*, integument, ultrastructure, multicellular gland

*Corresponding author: jyg4@hanmail.net

서 론

어류의 피부계는 기본적으로 상피층과 진피층으로 구성되며, 상피층에는 지지세포와 선세포들이 존재하고, 진피층에서는 비늘과 색소세포들이 유래한다. 하지만 어류의 피부계는 수서환경에서 유래되는 다양한 외부 자극원에 대한 생물체의 적응 기능을 수행하기 위하여 여러 종류의 세포들과 부속 기관을 발달시키게 되는데, 이들의 발달 및 변화 정도는 종, 생활환경 그리고 이들의 생리적 상태에 따라 매우 다양하다 (Banerjee and Mittal, 1975; Smith, 1978; Sato, 1979; Pottinger and Pickering, 1985; 박 등, 1995a, b).

어류 피부계의 미세구조와 변화양상에 관한 연구로는 Henrikson and Matoltsy (1968), Hawkes (1974), Pottinger and Pickering (1985), Hertwig *et al.* (1992), 정과 문 (1994), 박 등 (1995a, b), 이 등 (2000a, b)의 보고를 들 수 있다.

참복속 (*Takifugu*) 어류는 위의 아래쪽에 팽창 주머니가 있어 배를 부풀릴 수가 있고, tetrodotoxin을 가진 종이 많으며, 운동성이 매우 낮고 피부에는 대체로 비늘이 변형된 피부극이 몸의 일부 또는 전체에 분포한다 (한과 김, 1998).

본 연구는 참복속에 속하는 복섬을 대상으로 피부계 구성 세포들의 종류와 조직화학적 특징을 기재함으로써 추후 이들 어류의 생활환경 및 생리적 변화에 따른 피부계의 변화 양상에 관한 연구의 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 복섬, *Takifugu niphobles*는 여수 인근해역에서 성체를 채집한 후 활어상태로 외부형태학적 특징을 기재한 다음, Bouin's solution에 일정시간 고정하여 아가미 뚜껑 뒤의 등 쪽과 배 쪽 피부조직을 절취하였다.

광학현미경 조직표본은 파라핀 절편법으로 두께 5~6 μm 의 횡단면으로 제작하였으며, Mayer's hematoxylin과 0.5% eosin (H-E)의 비교염색, Mallory 삼중염색, periodic acid-Schiff (PAS) 반응, alcian blue-periodic acid Schiff (AB-PAS, pH 2.5) 반응, aldehyde fuchsin-alcian blue (AF-AB) 반응을 실시하였다.

투과전자현미경 (TEM)의 조직표본 제작은 절취한 피부조직을 0.1 M phosphate buffer (pH 7.2)로 완충시킨

2.5% glutaraldehyde 용액으로 4°C에서 2~4시간 동안 전 고정 하였다. 그리고 1% osmium tetroxide (OsO_4)로 4°C에서 2시간 동안 후 고정 하였다. 고정이 끝난 조직은 0.1 M phosphate buffer로 세척하고 ethanol을 이용하여 실온에서 15분 간격으로 단계별로 탈수하여 Epon 812에 포매하였다. 포매된 조직은 두께 0.5 μm 의 semithin section과 70 nm의 ultrathin section을 하였다. Ultrathin section은 copper grid (200 mesh)에 올려 uranylacetate와 lead citrate 용액으로 이중염색하여 투과전자현미경 (JEM-1200EXII, JEOL)으로 관찰하였다.

상피층의 두께 및 분비세포들의 분포면적을 조사하기 위해 화상분석장치 (IMT, Visus, USA)를 이용하였다. 상피층의 두께는 피부의 가장 바깥쪽에서부터 기저막까지의 거리를 측정하였고, 분비세포들의 분포는 상피층의 면적 당 차지하는 분비세포들의 면적을 조사하여 백분율 (%)로 나타내었다.

결 과

1. 광학현미경적 구조와 조직화학적 특징

복섬, *Takifugu niphobles*의 등 쪽 피부계는 기저막을 중심으로 바깥쪽의 상피층과 안쪽의 진피층으로 구분된다. 상피층은 다층상피층으로 전체적으로는 완만한 주름의 굴곡을 나타내었다. 상피층에서는 상피세포, 점액세포, 곤봉상세포, 과립세포 그리고 multivacuolar gland들이 관찰되었다 (Figs. 1, 2).

상피층의 점액세포들은 곤봉상세포들 보다 훨씬 작으며, H-E 염색에서는 공포상으로 나타났고 (Fig. 1, A), 점액분비선은 도관을 중심으로 여러 개의 점액세포들이 연결되어 있는 다세포선의 형태를 나타냈다 (Fig. 1, B). 이들 점액세포들의 세포질은 PAS 반응 (Fig. 1, B)과 AB-PAS (pH 2.5) 반응 결과 (Fig. 1, C), 붉은색을 나타내었으며, Mallory 삼중염색에서는 푸른색으로 반응하였고 (Fig. 1, D) AF-AB 반응에서는 푸른색과 붉은색으로 반응하는 두 종류가 관찰되었다 (Fig. 2, D). 곤봉상세포 ($n=30$, 장경 $14.94 \mu\text{m} \pm 2.36$)들은 점액세포 ($n=30$, 장경 $8.06 \mu\text{m} \pm 2.44$)들 보다 훨씬 크며, 분포정도도 높았다 (곤봉상세포: $n=30$, $11.56\% \pm 3.49$; 점액세포: $n=30$, $1.76\% \pm 1.68$). 이들 세포들은 H-E 염색, PAS와 AB-PAS (pH 2.5) 반응, Mallory 삼중염색에서 모두 세포질이 균질한 공포형태를 나타냈다 (Figs. 1, A-D). 과립세포는 H-E 염색 결과, 세포질에 약호산성의 과립을 함유하고 있었다 (Fig. 1, A).

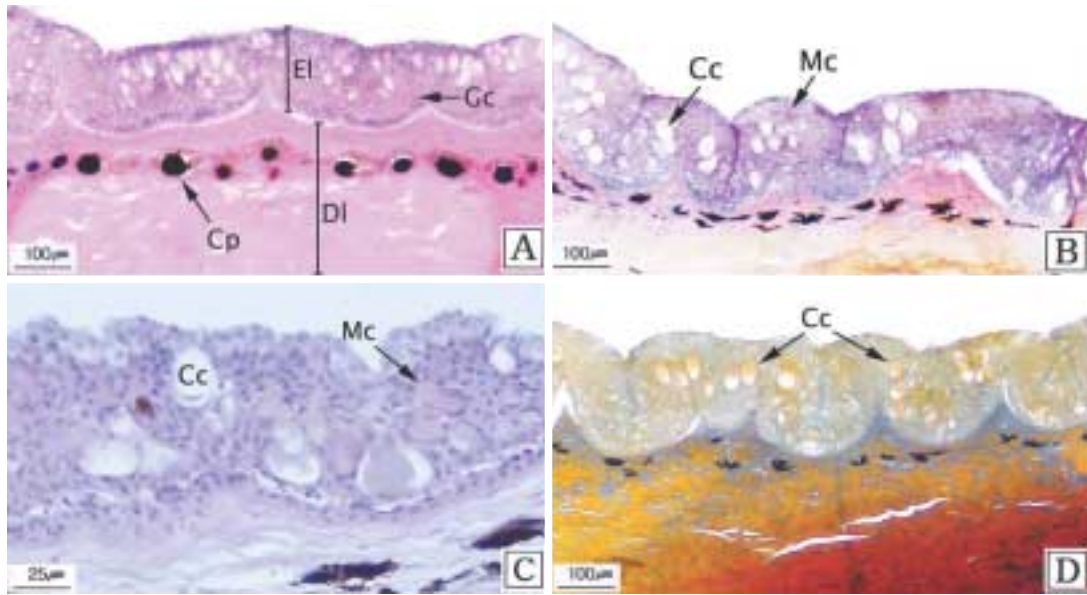


Fig. 1. Photomicrographs on the dorsal integument of the grass puffer, *Takifugu niphobles*. A: Section showing the stratified epidermal layer (EI) and dermal layer (DI) of connective tissue. H-E stain. B: Mucous cells (Mc) of PAS positive and club cell (Cc) of the epidermal layer. PAS reaction. C: AB-PAS (pH 2.5) reaction. D: Mallory triple stain. Cp: chromatophores. Gc: granular cell.

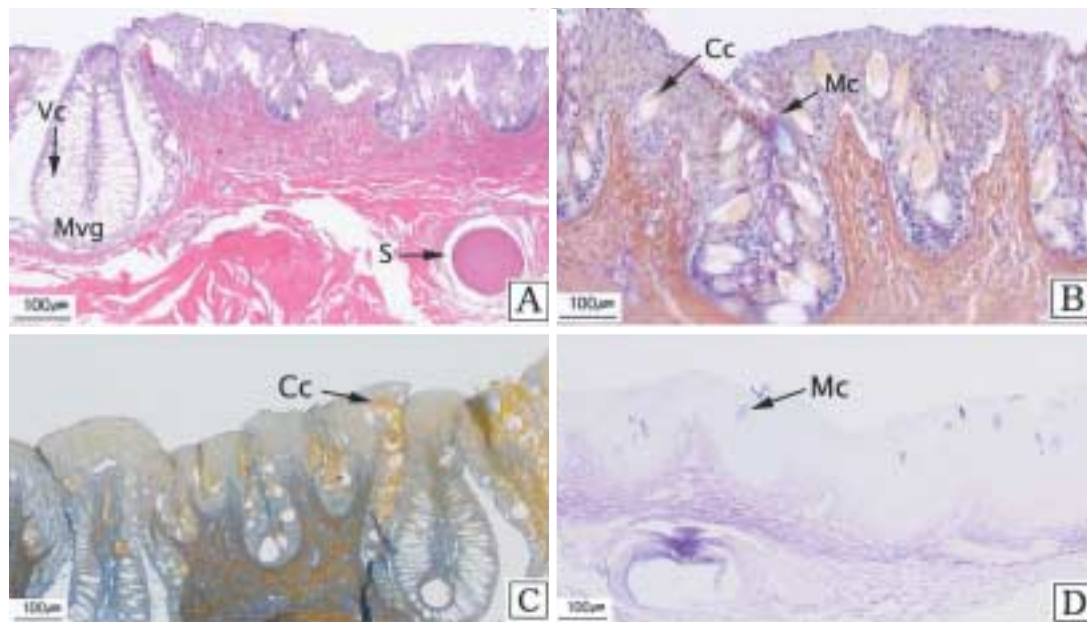


Fig. 2. Photomicrographs on the ventral integument of the grass puffer, *Takifugu niphobles*. A: Section showing the multivacuolar gland (Mvg) of the epidermal layer. H-E stain. B: PAS reaction. C: Mallory triple stain. D: Section showing the mucous cells (Mc) of aldehyde fuchsin and alcian blue positive. AF-AB reaction. Cc: club cell, Gc: granular cell, S: spine, Vc: vacuole cell.

Multivacuolar gland들은 장경 약 20µm 크기의 vacuole cell들로 구성된 다세포선의 형태이며, vacuole cell들은 H-E 염색, PAS 및 AB-PAS (pH 2.5) 반응, Mallory

삼중염색 그리고 AF-AB 반응에 모두 음성을 나타내는 공포형태였다 (Fig. 2, A-D).

진피층은 교원섬유들이 밀집되어 구성된 치밀결합조

직층으로 두께는 배 쪽 피부계의 경우에는 상피세포층의 3~5배였다. 기저막 아래 부분에는 색소포들이 집중되어 배열되어 있으며, 횡단면에서 가시의 기저판은 나이트와 같은 동심원상의 선들이 일정하게 배열되어 있었다 (Figs. 1, 2).

복섬의 배 쪽 피부계의 구성 (Figs. 2, A-D)은 등 쪽 피부계와 유사하지만 전체적인 주름의 굴곡구조는 등 쪽에 비해 훨씬 높고 깊었다. 그리고 점액분비선과 vacuole cell들이 무리지어 형성된 multivacuolar gland는 등 쪽에 비해 훨씬 발달되어 있었다. 배 쪽 피부계에서 관찰되는 또 다른 특징은 색소포들이 기저막 아래에 분

포하지 않고 진피층과 근육층사이에서 일렬로 배열되어 있다는 것이다. 상피층의 점액세포들과 곤봉상세포들의 분포 및 조직화학적 특징은 H-E 염색, PAS 및 AB-PAS (pH 2.5) 반응, Mallory 삼중염색 그리고 AF-AB 반응 결과, 등 쪽과 유사하게 나타났다.

2. 투과전자현미경 (TEM) 적 구조

TEM 관찰 결과, 복섬의 피부 상피층에서 상피세포는 자유면으로부터 표면세포, 중간세포, 기저세포의 세 종류가 관찰되었다. 가장 바깥쪽에 위치하는 표면세포의 형

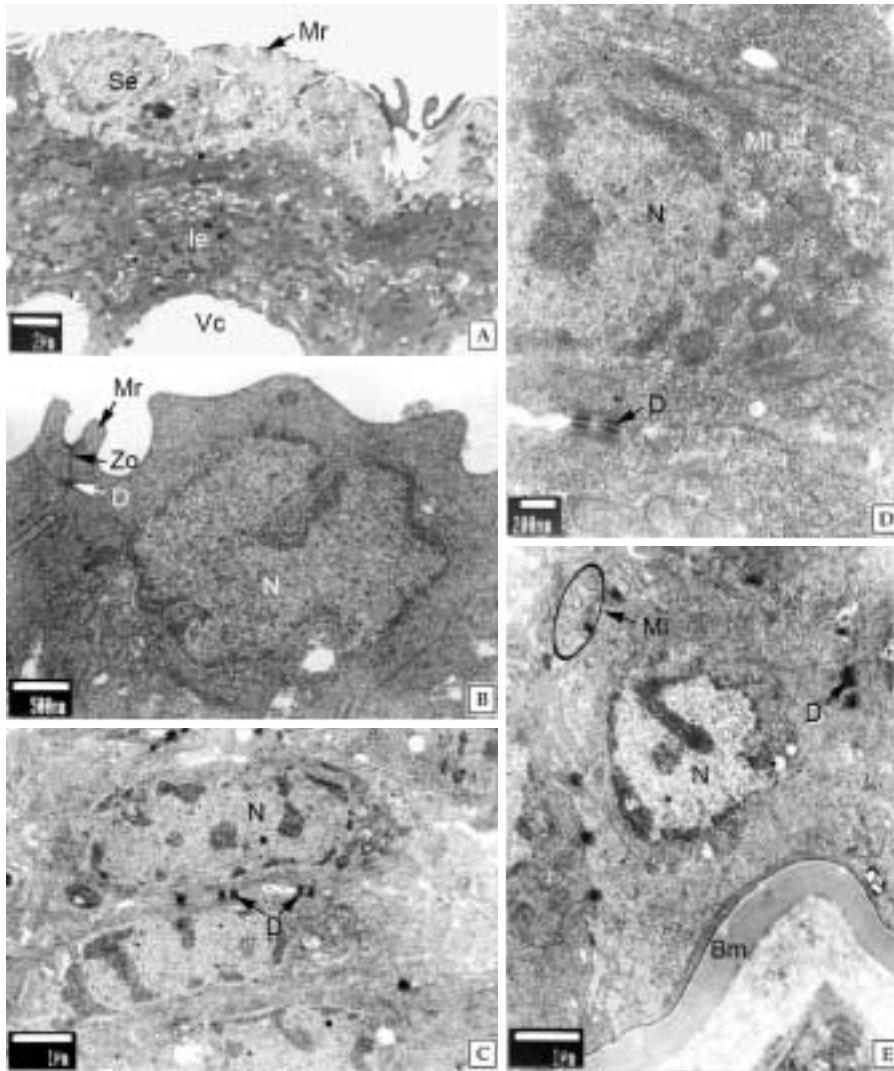


Fig. 3. Ultrastructure on the integumentary system of the grass puffer, *Takifugu niphobles*. A: Section showing the superficial cell (Se) and intermediated cell (Ie) of stratified epidermal layer. B: Electron micrograph of superficial cell showing the developed microridges (Mr) and intercellular junctions. C and D: Intermediated cell of epidermal layer. E: Electron micrograph of basal cell on the basal membrane (Bm). D: desmosome, Mi: membrane interdigitation, Mt: mitochondria, N: nucleus, Vc: vacuole cell, Zo: zonula occludens.

태는 편평형 또는 입방형이었다 (Fig. 3, A). 표면세포들은 세포질 상부에 폐쇄띠 (zonula occludens)와 부착반 (desmosome)으로 연결되어 있었으며, 표면세포의 자유면에서는 높이 200 nm 내외의 미세융기 (microridge)들이 잘 발달되어 있었다. 핵은 세포질 중앙에 타원형 또는 불규칙한 원형으로 존재하고 전자밀도가 낮은 미세한 염색질 과립들이 핵질 내에 흩어져 있지만 핵막 주변에서는 전자밀도가 높은 이형염색질이 존재하고 있었

다. 세포질의 세포소기관들의 발달정도는 낮은 편이며, 중간세포들과는 수지상막구조 (membrane interdigitation)로 연결되어 있었다 (Fig. 3, B). 중간세포는 표면세포층과 기저세포층의 사이에 존재하는 세포들로서 형태는 편평형이며, 핵의 형태는 타원형에 가까웠다 (Fig. 3, C). 핵질에는 전자밀도가 낮은 미세한 염색질 과립들이 고르게 분포하며, 전자밀도가 높은 이질염색질들은 불규칙적으로 존재하고 있었다. 중간세포와 중간세포 사이의

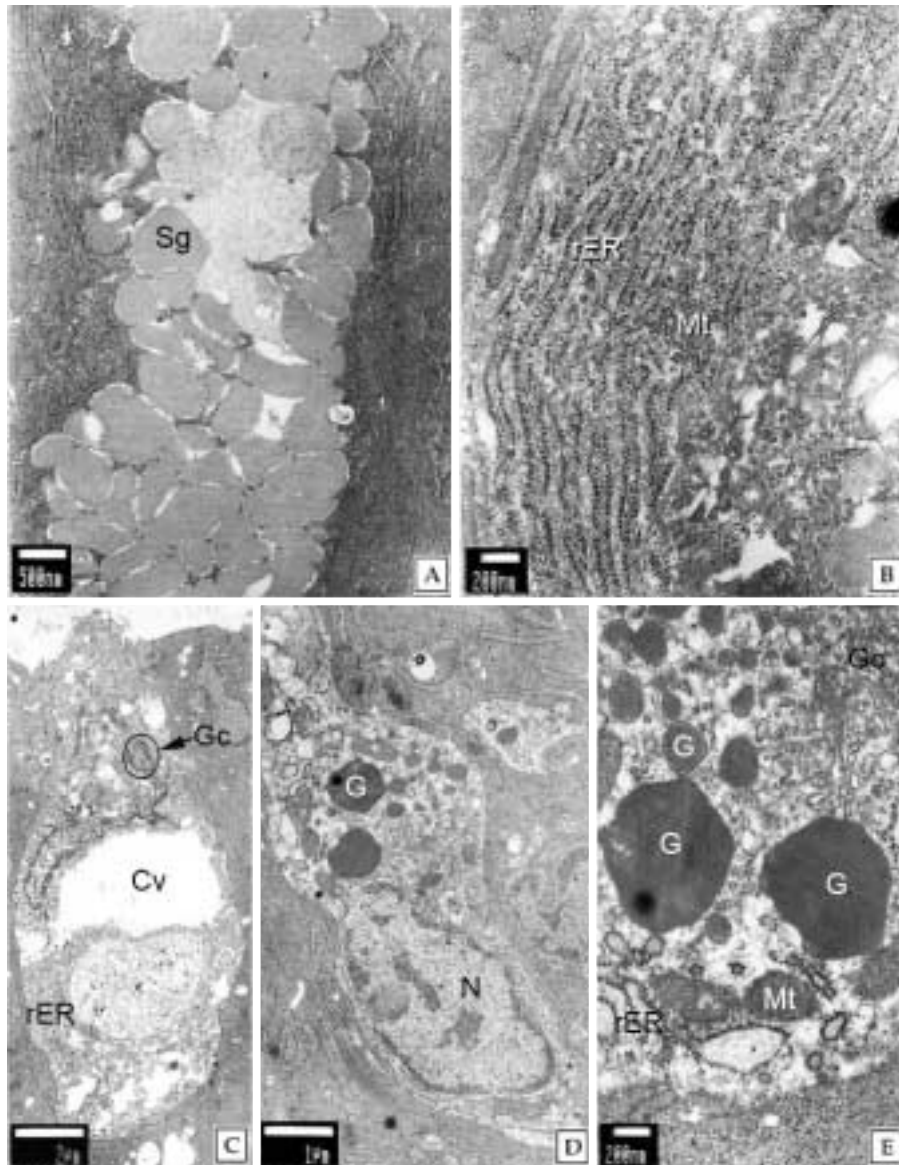


Fig. 4. Ultrastructure on the integumentary system of the grass puffer, *Takifugu niphobles*. A: Section of mucous cell showing the numerous secretory granules (Sg) in the cytoplasm. B: Section of mucous cell showing the well developed rough endoplasmic reticula (rEr) in the cytoplasm. C: Section of club cell showing the central vacuole (Cv), developed rough endoplasmic reticula and Golgi complex (Gc). D and E: Sections of granular cell showing the numerous membrane-bounded granules (G), developed rough endoplasmic reticula and Golgi complex. Mt: mitochondria, N: nucleus.

세포막에서는 수지상막구조와 부착반이 발달되어 있었다 (Fig. 3, D). 기저세포들은 일렬로 위치하고 있었고, 형태는 입방형에 가까운 원주형이었다. 원형의 핵은 세포질 중앙에 위치하고 있었다. 핵의 진정염색질의 전자밀도는 표면세포와 비슷하게 나타났다. 주변의 기저세포와는 부착반과 수지상막구조가 잘 발달되어 있으며, 세포소기관의 발달은 표면세포나 중간세포와 마찬가지로 미약하였다 (Fig. 3, E).

점액세포는 타원형으로 세포질의 대부분은 분비과립들이 차지하고 있는데, 이들 분비과립은 크기 500 nm 내외의 원형 또는 타원형으로 바깥쪽은 막을 가지며 내부는 미세한 과립 또는 섬유상물질로 채워져 있었다 (Fig. 4, A). 분비과립 근처에서는 잘 발달된 조면소포체들과 관상의 미토콘드리아들이 관찰되었다 (Fig. 4, B).

곤봉상세포의 핵은 세포질의 아래쪽에 위치하며, 세포질의 중앙은 중심공포가 차지하고 있었고, 세포질의 피질부에서는 조면소포체와 골지체가 잘 발달되어 있었다

(Fig. 4, C).

과립세포는 불규칙한 타원형으로서 핵은 아래쪽에 위치하며, 이웃하는 주변의 세포들 사이에서는 발달된 수지상막구조가 확인되었다 (Fig. 4, D). 세포질의 대부분은 막을 가진 전자밀도가 높은 과립들이 차지하며, 발달된 조면소포체, 골지체 및 미토콘드리아가 관찰되었다 (Fig. 4, E).

Multivacuolar gland를 구성하는 vacuole cell은 세포 중앙의 중심공포가 세포질의 대부분을 차지하며 (Fig. 5, A), 중심공포의 주변부에는 소형의 주변공포를 가지는데, 이들 공포는 다포체 (multivesicular body) 또는 막을 가진 단독의 공포형태로 관찰되었다 (Fig. 5, B). Vacuole cell의 핵은 둥근 삼각형으로 세포의 하방 주변부에 존재하며, 이들 세포는 주변의 세포들과 발달된 부착반으로 연결되어 있었다 (Fig. 5, C).

진피층은 치밀결합조직으로서 콜라겐 섬유가 밀집되어 발달되어 있었으며, 진피층에서는 섬유세포, 색소포,

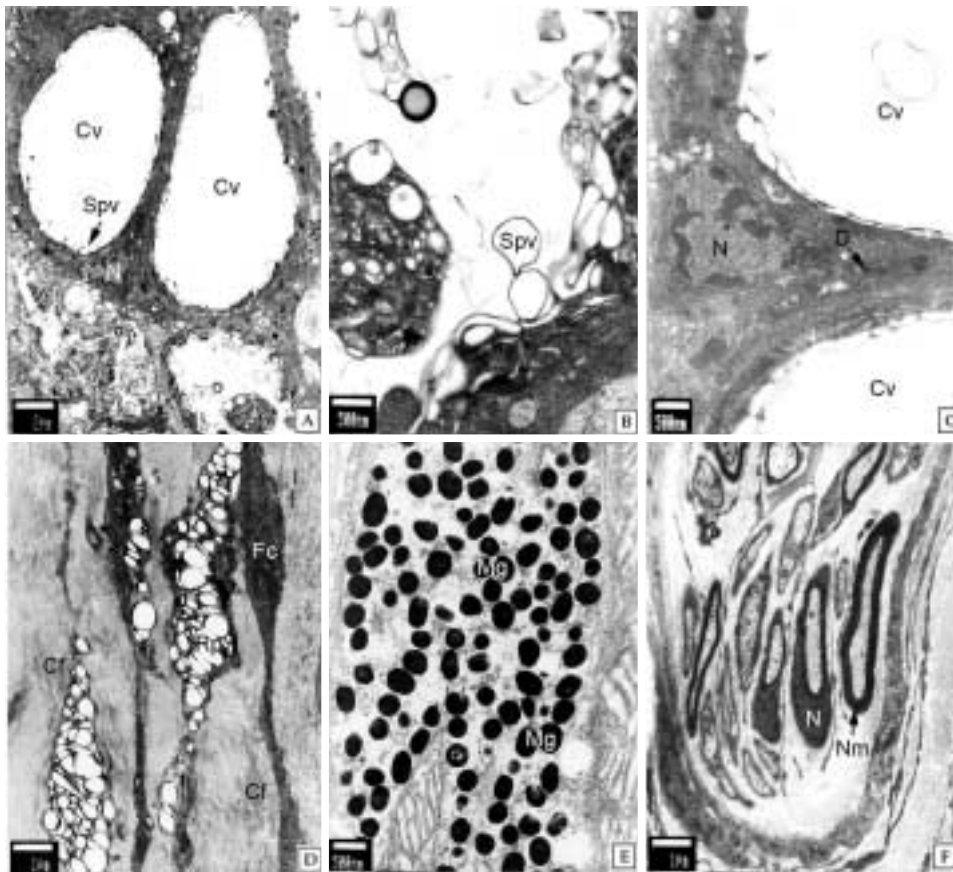


Fig. 5. Ultrastructure on the integumentary system of the grass puffer, *Takifugu niphobles*. A: Electron micrograph of vacuole cell of multivacuolar gland. B: Section showing the multivesicular body and small peripheral vacuole (Spv) of vacuole cell. C: Electron micrograph of nucleus (N) and desmosome (D) of the vacuole cell. D: Electron micrograph showing the collagen fibers (Cf), fibrocyte (Fc) and reflecting platelets (Rp) of dermal layer. E: Melanin granules (Mg) of dermal layer. F: Nerve myelins (Nm) of dermal layer. Cv: central vacuole.

신경세포 및 많은 수의 혈관과 모세혈관이 뚜렷하게 관찰되었다. 섬유세포는 긴 방추형이며, 핵은 원형으로 중앙에 위치하고 있었고, 세포질에는 조면소포체가 발달되어 있었다 (Fig. 5, D). 색소포는 반사소판을 가지는 종류 (Fig. 5, D)와 멜라닌과립을 가지는 흑색소포 (Fig. 5, E)의 두 종류가 구분되었는데, 등 쪽 피부에서는 흑색소포의 분포 정도가 높았으며, 배 쪽 피부에서는 주로 반사소판을 가진 색소포의 분포 정도가 높았다. 분비선과 색소포 주변에서는 신경다발을 이루고 있는 신경세포 (Fig. 5, F)들을 관찰할 수 있었는데, 이들 신경세포의 분포 정도는 등 쪽보다 배 쪽에서 훨씬 높았다.

고 찰

육상 환경 보다 변화가 심한 수서환경에 서식하는 어류의 피부계는 기초생물학적인 자료의 축적과 환경의 변화에 따른 구조의 변화를 규명하는 측면에서 많은 연구자의 연구 관심이 되어왔다.

어류의 피부 상피층은 다층상피층으로서 상피세포, 분비세포 및 부속세포들로 구성되며, 상피세포는 그들의 형태 및 위치에 따라 표면세포, 중간세포, 기저세포로 구분된다 (Hawkes, 1974). 많은 경골어류에서 피부계의 상피층을 구성하는 상피세포의 세포질은 피질부와 수질부로 뚜렷이 구분되며, 피질부는 미세섬유가 발달되고 핵 주위의 수질부에는 주로 세포소기관이 분포한다 (박 등, 1995a, b; 이와 김, 1999; 이 등, 2000b; 이와 진, 2001). 상피세포의 세포질 피질부의 미세섬유와 세포막의 membrane interdigitation 구조는 세포의 형태유지와 주변의 물리·화학적 자극원에 대하여 능동적으로 대처할 수 있는 특징이다 (Henrikson and Matoltsy, 1968). 그리고 표면세포는 요철형태의 미세융기 (microridge)를 가지는데, 이러한 구조는 점액세포에서 분비된 점액물질을 어류의 체표에 유지시켜줌으로써 물과의 마찰력을 감소시켜 유영력을 높이고 또한 생물학적 방어기능을 효과적으로 수행할 수 있도록 한다 (Hawkes, 1974).

본 연구에서 조사된 복섬의 피부계는 외부로부터 상피층과 진피층으로 구성되며, 상피층은 다층상피층이고 이들 상피세포들은 표면으로부터 기저막에 이르기까지 여러 가지 형태를 보였다. 그리고 표면세포의 자유면에서 미세융기의 발달은 기존에 보고된 많은 경골어류 피부 상피층과 유사하였다. 하지만 상피층을 구성하는 상피세포의 세포질은 다른 경골어류에서처럼 피질부와 수질부가 뚜렷이 구분되지 않았다.

그리고 복섬의 피부계에서는 주름모양의 굴곡이 관찰

되었는데, 이러한 주름모양의 굴곡의 발달정도는 등 쪽에 비해 배 쪽에서 훨씬 높았다. 이와 같은 특징은 다른 복어류인 palembang puffer, *Tetraodon steindachneri*에서도 보고된 적이 있는데, 이는 복어류의 복부 부풀림을 위한 구조적 특징으로 고찰되었다 (Hertwig et al., 1992).

복어류 피부계의 상피층에서는 cottid, *Pseudoblennius cottoides* (Sato, 1979), 금붕어, *Carassius auratus* (정과 문, 1994), 베도라치, *Pholis nebulosa* (이 등, 2000a)처럼 배상세포 (goblet cell)라 불리는 점액세포들이 관찰되었다.

이러한 점액세포의 점액물질은 베도라치의 경우에는 중성이며 (이 등, 2000b), brown trout, *Salmo trutta* (Pickering, 1974), murrel, *Channa striata* (Mittal and Banerjee, 1975), *Gymnodraco acuticeps* (Eastman and Hiki-da, 1991), 금붕어 (정과 문, 1994), 뱀장어, *Anguilla japonica* (박 등, 1995b) 그리고 미꾸리, *Misgurnus anguillicaudatus* (박과 김, 1999)는 산성이다. 본 연구 결과 복섬의 경우에는 피부 상피층의 점액세포들이 가지는 점액물질의 성분은 중성의 당단백질로 확인되었다.

일반적으로 분비선은 선을 구성하는 세포의 수에 따라 하나의 세포로 형성된 단세포선 (unicellular gland)과 여러 개의 분비기능을 가지는 세포들로 구성된 다세포선 (multicellular gland)으로 나뉜다. 육상동물과 수서동물 피부계의 가장 큰 차이점은 육상동물은 주로 다세포선의 분비선을 가지는데 반하여 수서동물은 단세포선을 가진다 (Hibiya, 1982).

일부 가시에 독을 가지는 어류에서 독선은 다세포선으로 보고된 경우가 있으나 (Whitaker, 1986), 금붕어 (정과 문, 1994)를 비롯한 기존의 많은 보고 (Pickering, 1974; Irving, 1996; 이 등, 2000a)에서 경골어류 피부 상피층의 분비선은 단세포선으로 보고되어 왔다.

하지만, 본 연구에서 조사된 복섬의 피부 상피층에서는 단세포선과 다세포선이 혼재하는 형태가 관찰되었는데, 특히 등 쪽 보다는 배 쪽에서 다세포선의 분포정도가 높았다. 어류 피부계에서 이와 같은 다세포선의 존재는 매우 특이한 현상인데, 이에 관해서는 이들 어류의 생태학적 측면을 고려한 추후의 연구가 필요할 것으로 판단된다.

점액세포와 같은 외분비선은 분비양상에 따라 크게 전분비선 (holocrine gland)과 부분분비선 (merocrine gland)으로 구분할 수 있는데, 전분비선은 생성물과 세포 성분이 함께 분비되는 일회성 선이지만 부분분비선은 생성물만 분비되는 지속성 선이다. 어류 피부계 점액세포의 점액분비 양상에 관해서는 금붕어 (정과 문, 1994)

와 문치가자미, *Lymanda yokohamae* (이 등, 2000a)에서 부분분비 형태가 보고되었다. 본 연구에서 조사된 복섬의 경우에도 분비가 활성적인 점액세포에서 세포사 또는 세포성분의 붕괴는 확인되지 않았으므로 점액세포의 분비양상은 부분분비 형태를 취한다고 할 수 있다.

본 연구 결과 복섬 피부계에서 곤봉상세포 (club cell) 들이 관찰되었는데, 이러한 곤봉상세포들은 칠성장어류 (Downing and Novales, 1971)와 뱀장어 (박 등, 1995b) 그리고 농어, *Lateolabrax japonicus* (이와 김, 1999)에서도 보고되었다. 일반적으로 곤봉상세포들은 형태 및 구조적인 측면에서 단세포선의 형태, 부착반과 membrane interdigitation의 발달, 커다란 중심공포, 세포질 피질부에서의 미세섬유 발달 등의 특징을 가진다. 이들 세포는 경고물질, 항병원성 물질 그리고 페로몬 분비 등의 기능을 가지며, 분포 정도와 기능은 어종 및 성장시기 그리고 계절에 따라 다소 차이를 보인다 (Leonard and Summers, 1976; Suzuki and Kaneko, 1986; Irving, 1996).

복섬 피부계에서는 금붕어 (정과 문, 1994)나 문치가자미 (이 등, 2000a)와 마찬가지로 피부 상피층에서 과립세포들이 관찰되었다. 어류 피부 상피층의 과립세포에 대해서는 보고가 매우 적으며, 과립의 방출양상은 손상된 부위에서 전분비 형태로 이루어 질 것이라고 추측할 뿐이다 (Whitaker, 1986).

본 연구에서 조사된 복섬의 피부계에서는 등 쪽과 배 쪽 사이에 발달정도에서 다소 차이는 있었으나 양쪽 모두에서 vacuole cell들이 무리 지어 분포하는 것이 확인되었다. 이러한 vacuole cell들의 존재는 Palembang puffer에서도 보고된 적이 있는데, 전자현미경 관찰 결과 이들 vacuole cell들은 신경섬유를 포함하는 구조물로 확인되었다 (Hertwig et al., 1992). 따라서 복어류 피부 가시극의 일시적인 반응과 분비세포의 분비는 직접적으로 신경계의 영향을 받는 것으로 판단된다. Palembang puffer의 경우에는 vacuole cell들이 가시를 둘러싸고 있으나 본 연구에서 복섬의 경우에는 vacuole cell들이 가시를 둘러싸고 있는 상황은 관찰되지 않았다.

피부계에서 구성세포들의 일시적인 반응 및 체색의 변화를 비롯한 분비세포의 분비물 방출은 금붕어 (정과 문, 1994)와 문치가자미 (이 등, 2000a)의 경우에는 분비세포의 세포막 근처에서 신경섬유의 연결이 확인되었으므로 직접적으로 신경계에 의하여 통제되는 것으로 보고되고 있다.

본 연구에서도 분비세포와 색소세포 그리고 multivacuolar gland 주변에서 특히 신경세포의 분포정도가 높았는데, 이러한 결과는 이들 세포들의 활성이 신경계의 직접적인 작용에 의해 조절되는 것과 연관 지을 수 있을

것으로 생각된다.

적 요

광학현미경상에서 복섬, *Takifugu niphobles*의 피부 표면은 불규칙한 주름을 가지는데, 이들 주름은 등 쪽보다 배 쪽에서 훨씬 뚜렷했다. 피부계는 외부로부터 상피층과 진피층으로 구분되며, 상피층은 다층상피층으로 상피세포, 점액세포, 곤봉상세포, 과립세포 그리고 multivacuolar gland들로 구성되어 있었다. 상피세포는 표면세포, 중간세포, 기저세포로 구분되며, 표면상피의 자유면은 미세융기로 덮여 있었다. 상피층의 선세포는 단세포선과 다세포선으로 구분되었다. 점액분비선은 다세포선의 형태로 점액세포들은 중성 당단백질의 점액물질을 함유하고 있었다. Multivacuolar gland들은 장경 약 20 μm 의 vacuole cell들로 구성되어 있었다. Vacuole cell들은 커다란 중심공포를 가지며, 잘 발달된 desmosome으로 연결되어 있었다. 점액분비선과 multivacuolar gland는 등 쪽에 비해 배 쪽에서 훨씬 발달되어 있었다. 진피층의 두께는 배 쪽 피부계의 경우에는 상피세포층의 3~5배였다. 진피층은 치밀결합조직으로 교원섬유, 섬유세포, 가시의 기저부, 색소세포 및 다수의 신경세포 분포가 확인되었다.

참 고 문 헌

- 박인식 · 김진정 · 조운복 · 박상욱. 1995a. 염분적응에 따른 뱀장어 포피의 미세구조적 변화. 1. 상피세포. 한국동물학회지, 38 : 26~37.
- 박인식 · 김진정 · 조운복 · 박상욱. 1995b. 염분적응에 따른 뱀장어 포피의 미세구조적 변화. 2. 점액세포 및 곤봉상세포. 한국동물학회지, 38 : 38~47.
- 박종영 · 김익수. 1999. 한국산 미꾸리, *Misgurnus anguillicaudatus* 피부구조 및 조직화학적 특징. 한어류지, 11 : 109~116.
- 이정식 · 강주찬 · 백혜자. 2000a. 문치가자미, *Lymanda yokohamae* 피부계의 지지세포 및 선세포 미세구조. 한국전자현미경학회지, 30 : 303~310.
- 이정식 · 김재원. 1999. 농어, *Lateolabrax japonicus* 피부계 지지세포와 선세포의 미세구조. 한국전자현미경학회지, 29 : 417~426.
- 이정식 · 안철민 · 허성희. 2000b. 베도라치, *Pholis nebulosa* 피부계의 미세구조. 한국수산학회지, 33 : 148~152.
- 이정식 · 진영국. 2001. 돌가자미, *Kareius bicoloratus* 피부계의 미세구조 및 조직화학. 한국전자현미경학회지, 31 :

- 325~331.
- 정연경 · 문명진. 1994. 금붕어, *Carassius auratus* L. 체표 분비세포에 관한 연구. 한국전자현미경학회지, 24 : 1~10.
- 한경호 · 김용익. 1998. 참복과 (복어목) 어류의 외부형태적 특징. 한국수산학회지, 31 (3) : 309~316.
- Banerjee, T.K. and A.K. Mittal. 1975. Histochemistry and the functional organization of the skin of a live fish *Clarias batrachus* (L.). Mikroskopie, 31 : 333~349.
- Downing, S.W. and R.R. Novales. 1971. The fine structure of lamprey epidermis. II. Club cells. J. Ultrastruct. Res., 35 : 295~303.
- Eastman, J.T. and R.S. Hikida. 1991. Skin structure and vascularization in the Antarctic notothenioid fish *Gymnodraco acuticeps*. J. Morphol., 208 : 347~365.
- Hawkes, J.W. 1974. The structure of fish skin. I. General organization. Cell Tissue Res., 149 : 147~158.
- Henrikson, R.C. and A.G. Matoltsy. 1968. The fine structure of teleost epidermis. I. Introduction and filament containing cells. J. Ultrastruct. Res., 21 : 194~212.
- Hertwig, I., H. Eichelberg and J. Hentschel. 1992. Light and electron microscopic studies of the skin of the palembang puffer, *Tetraodon steindachneri* (Teleostei: Tetraodontidae). Zoomorphology, 111 : 193~205.
- Hibiya, T. 1982. An atlas of fish histology. Normal and pathological features. Kodansha Ltd., Tokyo, pp. 147.
- Irving, P.W. 1996. Sexual dimorphism in club cell distribution in the European minnow and immunocompetence signalling. J. Fish Biol., 48 : 80~88.
- Leonard, J.B. and R.G. Summers. 1976. The ultrastructure of the integument of the American eel, *Anguilla rostrata*. Cell Tissue Res., 171 : 1~30.
- Mittal, A.K. and T.K. Banerjee. 1975. Histochemistry and the structure of the skin of a murrel, *Channa striata* (Bloch, 1797) (Channiformes, Channidae). I. Epidermis. Canad. J. Zool., 53 : 833~843.
- Pickering, A.D. 1974. The distribution of mucous cells in the epidermis of the brown trout, *Salmo trutta* (L.) and the char, *Salvelinus alpinus* (L.). J. Fish Biol., 6 : 111~118.
- Pottinger, T.G. and A.D. Pickering. 1985. Changes in skin structure associated with elevated androgen levels in maturing male brown trout, *Salmo trutta* L., J. Fish Biol., 26 : 745~753.
- Sato, M. 1979. Fine structure of the small and large mucous cells found in the skin epidermis of two cottids, *Pseudoblennius cottoides* and *Furcina* sp.. Japanese. J. Ichthyol., 26 : 75~83.
- Smith, R.J.F. 1978. Seasonal changes in the histology of the gonads and dorsal skin of the fathead minnow, *Pimephales promelas*. Canad. J. Zool., 56 : 2103~2109.
- Suzuki, Y. and T. Kaneko. 1986. Demonstration of the mucous hemagglutinin in the club cells of eel skin. Dev. Comp. Immunol., 10 : 509~518.
- Whitear, M. 1986. The skin of fishes including cyclostomes. In: Bereiter-Hahn, J., A.G. Matoltsy and K.S. Richards, eds., Biology of the integument. 2 Vertebrates, SpringerVerlag, New York, pp. 8~77.

Received : July 6, 2007

Accepted : August 29, 2007