

붉은쏨뱅이 (*Sebastiscus tertius*) 피부계의 미세구조 및 조직화학적 특징

백재민, 김철원¹, 임상구², 이제봉³, 이정식^{3*}
국립수산과학원 해조류연구센터, ¹남해수산연구소,
²진해내수면연구소, ³여수대학교 수산생명의학과

Ultrastructure and Histochemistry on the Integumentary System of the Rockfish, *Sebastiscus tertius* (Teleostei: Scorpaenidae)

Jae Min Baek, Chul Won Kim¹, Sang Gu Lim², Jae Bong Lee³ and Jung Sick Lee^{3*}

Seaweed Research Center, National Fisheries Research and
Development Institute (NFRDI), Mokpo 530-140, Korea

¹South Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu 556-823, Korea

²Inland Aquaculture Research Institute, NFRDI, Jinhe 645-251, Korea

³Department of Aqualife Medicine, Yosu National University, Yeosu 550-749, Korea

(Received March 10, 2004; Accepted April 6, 2004)

ABSTRACT

Integumentary structures of the rockfish, *Sebastiscus tertius* were examined by means of the light and transmission electron microscopy. Stratified epidermal layer consists of supporting cells, unicellular glands, granular cells and mitochondria rich cells. The epidermal layer could be classified into superficial, intermediate and basal layer by morphology and structure of the supporting cells. Mucous cells of unicellular gland were observed in the superficial and intermediate layer of the epidermis. The mucous materials were identified as acidic and carboxylated mucosubstance by histochemical methods. Club cell has well developed central vacuole, rough endoplasmic reticula and Golgi complex in the cytoplasm. Granular cells were observed in the superficial layer and contained numerous granules of high electron density. Mitochondria rich cells are characterized by well developed microfilaments in cortex and numerous tubular mitochondria in medullar cytoplasm. Three types of pigment cells in the dermal layer could be distinguished with electron density of cytoplasmic inclusions.

Key words : Integument, *Sebastiscus tertius*, Ultrastructure

* Correspondence should be addressed to Dr. Jung Sick Lee, Department of Aqualife Medicine, Yosu University, Yeosu 550-749, Korea. Ph.: 061-659-3172, FAX: 061-659-3172, E-Mail: ljs@yosu.ac.kr

서 론

어류의 피부계는 육상의 척추동물과는 달리 피부 상피의 살아있는 세포가 수중 환경과 직접 접촉하고 있기 때문에 (Hawkes, 1974), 여러 가지 형태의 특이한 구조와 다양한 기능을 가지고 있으며, 수중의 유해한 환경으로부터 자신을 격리하는 일차적인 장벽을 제공하며, 삼투조절, 호흡활동 그리고 손상과 감염에 대한 대사작용에 있어 중요한 역할을 수행한다 (Whitaker, 1986).

어류의 피부계는 상피층과 진피층으로 구성되고, 피부를 구성하는 세포들의 종류와 발달정도는 종, 연령, 생활환경 그리고 이들의 생리적 상태에 따라 매우 다양하며 (Henrikson & Matoltsy, 1968; Eastman & Hikida, 1991; Hertwig et al., 1992; Park et al., 1995a, b; Lee & Kim, 1999), 특히 피부 상피층의 두께와 분비세포 또는 서식지와 유영력에 따라 발달정도가 다르다 (Lee & Jin, 2001a).

붉은쏨뱅이, *Sebastiscus tertius*의 형태는 쏨뱅이, *S. marmoratus*와 비슷하지만 전체적으로 붉은색이 강하고 연한 황적색 바탕에 좀 더 진한 붉은색을 띤 구름 무늬가 있다. 우리나라와 일본 그리고 동중국해에 분포하며, 연안의 바위지역에 서식한다 (Choi et al., 2002).

본 연구는 붉은쏨뱅이를 대상으로 이들 피부계의 조직화학적 특성과 미세구조를 기재함으로써 추후 이들 어류의 생활환경 및 생리적 변화에 따른 피부계의 변화 양상에 관한 연구의 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 붉은쏨뱅이는 전장 25.0 cm 내외의 개체들이다. 채집 즉시 현장에서 아가미 뚜껑 뒤의 등쪽과 복부에서 피부조직을 절취하여 고정하였다.

광학현미경 조직표본은 Bouin's fluid에 고정 후 파라핀 절편법으로 두께 5~6 μm 의 횡단면으로 제작하였으며, Mayer's hematoxylin과 0.5% eosin (H-E)의 비교염색과 Masson 삼중염색, alcian blue-periodic acid

-Schiff's solution (AB-PAS, pH 2.5) 반응과 aldehyde fuchsin-alcian blue (AF-AB) 반응을 실시하였다. 그리고 조직화학적 반응 후 점액세포의 염색친화도는 Pantone formula guide (Pantone Inc., USA)를 기준으로 고유번호를 ()안에 표시하였다.

투과전자현미경 (TEM) 조직표본 제작은 절취한 피부조직을 0.1 M phosphate buffer (pH 7.2)로 완충시킨 2.5% glutaraldehyde 용액으로 전 고정하였다. 그리고 1% osmium tetroxide (OsO_4)로 4°C에서 2시간 동안 후 고정하였다. 고정이 끝난 조직은 탈수하여 Epon 812에 포매하였다. 포매된 조직은 두께 0.5 μm 의 semithin section 후 70 nm의 ultrathin section을 하였다. Ultrathin section은 uranylacetate와 lead citrate 용액으로 이중 염색하여 투과전자현미경 (JEM-1200EXII, JEOL)으로 관찰하였다.

결 과

1. 광학현미경 관찰

붉은쏨뱅이의 피부계는 기저막을 중심으로 바깥쪽의 상피층과 안쪽의 진피층으로 구성된다. 전장 25.0 cm 개체의 경우 아가미 뚜껑의 후방부 등쪽 상피층의 두께는 파라핀 절편법으로 제작된 표본에서 약 75 μm 로 측정되었다 (Fig. 1A).

상피층은 8~10층으로 이루어진 다층구조로 지지세포, 선세포 그리고 부속세포들로 이루어져 있었다. 지지세포는 외부로부터 표면세포 (superficial cell), 중간세포 (intermediate cell), 기저세포 (basal cell)가 구분되었다. 선세포들은 주로 상피층의 표층과 중간층의 지지세포들 사이에 위치하며, 점액세포 (mucous cell)와 곤봉상세포 (club cell) 두 종류가 구분되었다 (Fig. 1A). 점액세포는 원형으로 크기는 곤봉상세포 보다 작았으며, Masson 삼중염색 (Fig. 1A)과 H-E 염색 (Fig. 1B)에서는 공포상으로 나타났다. 하지만 AB-PAS (pH 2.5) 반응에서는 alcian blue에 양성으로 반응하여 청색 (3005c)을 나타냈으며 (Fig. 1C), AF-AB 반응에서도 alcian blue에 반응하여 청색 (2925c)을 나타내 (Fig. 1D) 점액세포는 산성의 비황화다당류 점액을 함유하는 것으로 확인되었다.

곤봉상세포의 세포질은 H-E 염색, Masson 삼중염색, AB-PAS (pH 2.5) 반응, AF-AB 반응에서 모두 공포형태로 세포질은 균질하게 나타났다 (Figs. 1A~D).

진피층은 비늘을 포함하고 있으며, Masson 삼중염색에서 푸르게 반응하는 치밀결합층으로 상피층보다 두껍게 나타났으며, 색소세포들은 상피층의 기저막에 인접한 진피층의 상부에서 주로 관찰되었다 (Fig. 1A).

2. 투과전자현미경 관찰

상피층의 지지세포 가운데 가장 바깥쪽에 위치하는 표면세포의 형태는 편평형이다. 표면세포의 핵은 아령 모양으로 핵막 주변에 전자밀도가 높은 이질염색질이 존재하며, 세포질에서는 미토콘드리아를 비롯한 여러 종류의 세포소기관들이 관찰되었다 (Fig. 1E). 바깥쪽의 자유면에서는 미세융기 (microridge)들이 잘 발달되어 있었고, 이들 미세융기의 표면은 미세한 섬유상의 glycocalyx로 덮혀 있었다. 표면세포 사이의 원형질막에는 폐쇄대 (zona occludens), 접착대 (zonula adherens) 그리고 부착반 (desmosome) 등의 세포연접이 발달되어 있었다 (Fig. 1F).

중간세포는 표면세포층과 기저세포층 사이에 존재하며, 세포의 형태는 원형에 가깝고 핵질에는 전자밀도가 낮은 미세한 염색질 과립들이 산재하고 있었다. 세포질은 수질부와 피질부로 구분되는데 핵막 근처의 수질부에는 미토콘드리아 등의 세포소기관들이 분포하고 있었으며, 피질부에는 미세섬유가 잘 발달되어 있었다. 중간세포와 중간세포 사이의 원형질막에서는 membrane interdigitation과 부착반이 잘 발달되어 있었다 (Fig. 1G).

기저막 바로 위에 존재하는 기저세포의 형태는 원주형이며, 핵은 불규칙한 타원형으로 세포질의 중앙에 위치하였다. 핵 주변의 세포질에는 세포소기관들이 잘 발달되어 있으며, 원형질막 근처의 세포질에는 미세섬유가 잘 발달되어 있었다. 원형질막의 membrane interdigitation은 지지세포 가운데 가장 잘 발달되어 있었다 (Fig. 1H).

선세포는 단세포 형태의 점액세포와 곤봉상세포로 구분할 수 있었다.

점액세포의 세포질은 조면소포체, 골지체 그리고 미

토콘드리아를 가지며, 세포질 내강은 다양한 전자밀도의 분비과립들을 가지고 있었다 (Fig. 2A).

곤봉상세포는 장경 약 20~30 μm 로 핵은 세포의 기저부에 위치하고 있었으며, 중앙에 커다란 중심 공포를 가지며, 중심공포의 주변부에서는 신생된 다수의 분비소포들이 분포하고 있었다 (Fig. 2B). 그리고 곤봉상세포의 세포질 피질부는 잘 발달된 미세섬유들이 둘러싸고 있었으며, 중심공포의 인접 세포질에서는 조면소포체와 골지체가 관찰되었다 (Fig. 2C).

상피층에서는 지지세포와 선세포 외에 과립세포와 mitochondria-rich cell이 관찰되었다.

과립세포는 주로 상피층의 표면에서 관찰되었는데, 형태는 가운데 폭이 넓은 슬잔모양 이었다. 핵과 세포소기관들은 세포의 기저부에 위치하였으며 (Fig. 3A), 세포질에는 막을 가진 전자밀도가 높은 과립들과 골지체와 조면소포체가 발달되어 있었다. 그리고 주변의 세포들과는 부착반으로 잘 연결되어 있었다 (Fig. 3B).

Mitochondria-rich cell들도 과립세포와 마찬가지로 상피층의 표면에서 주로 관찰되었는데, 이들 세포의 주변부는 발달된 미세섬유들로 둘러싸여 있으며 (Fig. 3C), 세포질의 대부분은 발달된 미토콘드리아들이 차지하고 있었다 (Fig. 3D).

상피층과 진피층을 구분하는 기저막은 두께 약 20 nm 내외로 전자밀도는 상피층과 진피층보다 높게 나타났다 (Fig. 1H).

진피층은 콜라겐섬유 다발층이 가로와 세로로 구성되어 있으며, 콜라겐섬유 사이에서는 섬유세포들이 관찰되는데 섬유세포는 핵이 세포의 50% 이상을 차지하며 세포질은 소수의 미토콘드리아와 잘 발달된 조면소포체들이 대부분을 차지하고 있었다 (Fig. 4A).

광학현미경 표본에서 색소세포의 종류를 구분하기는 어려웠지만 투과전자현미경 관찰 결과 과립의 전자밀도와 전자투과도에 따라 흑색소포와 황색소포 그리고 백색소포가 확인되었다. 흑색소포는 멜라닌 과립들을 가지고 있었는데, 이들 멜라닌 과립은 원형으로 크기는 직경 0.5 μm 내외였으며, 얇은 막을 가지며, 다른 종류의 색소과립에 비해 전자밀도가 매우 높았다 (Fig. 4B). 황색소포는 전자밀도가 다소 낮은 카로테노이드 과립을 함유하고 있었는데, 이들 과립은 원형 또는 타원형으로 크기는 직경 0.2 μm 내외로 멜라닌 과

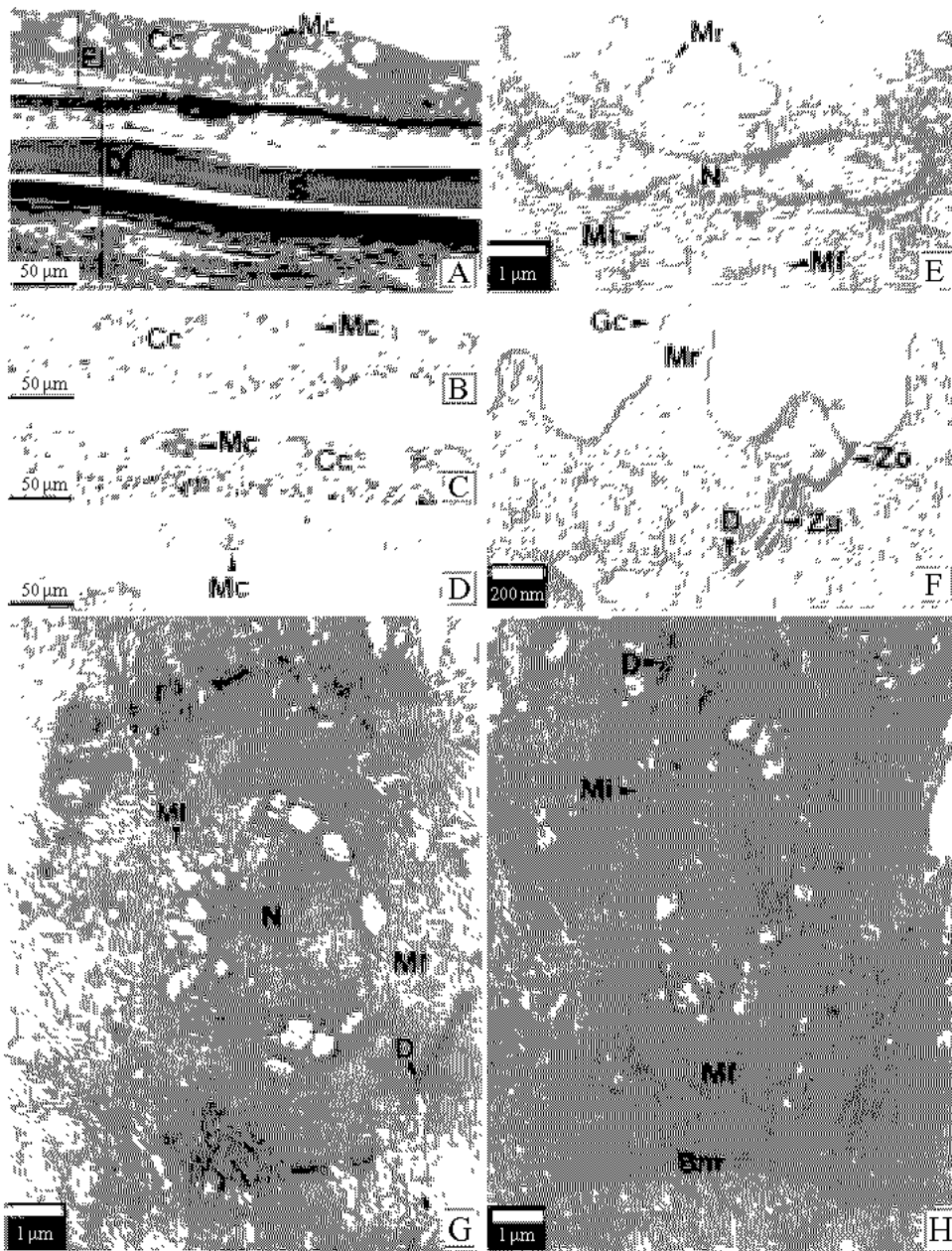


Fig. 1. Histochemistry and ultrastructure on the integumentary system of *Sebastiscus tertius*. A: Section of Masson's trichrome stain showing the stratified epidermal layer (E) and dermal layer (D) of connective tissue. B: Section of H-E stain showing the vacuolar mucous cells (Mc) and club cell (Cc) of the epidermal layer. C: Section of AB-PAS reaction showing the mucous cells of alcian blue positive. D: Section of AF-AB reaction showing the mucous cells of alcian blue positive. E: Electron micrograph of superficial cell showing the developed microridges (Mr). F: Glycoalyx (Gc) of microridges and intercellular junctions of superficial cells. G: Intermeiate cell of epidermal layer. H: Basal cell on the basal membrane (Bm). Notice the well-developed microfilaments (Mf), desmosome (D) and membrane interdigitation (Mi). Cp: chromatophores, Mt: mitochondria, N: nucleus, S: scale, Za: zonula adherens, Zo: zonula occludens.

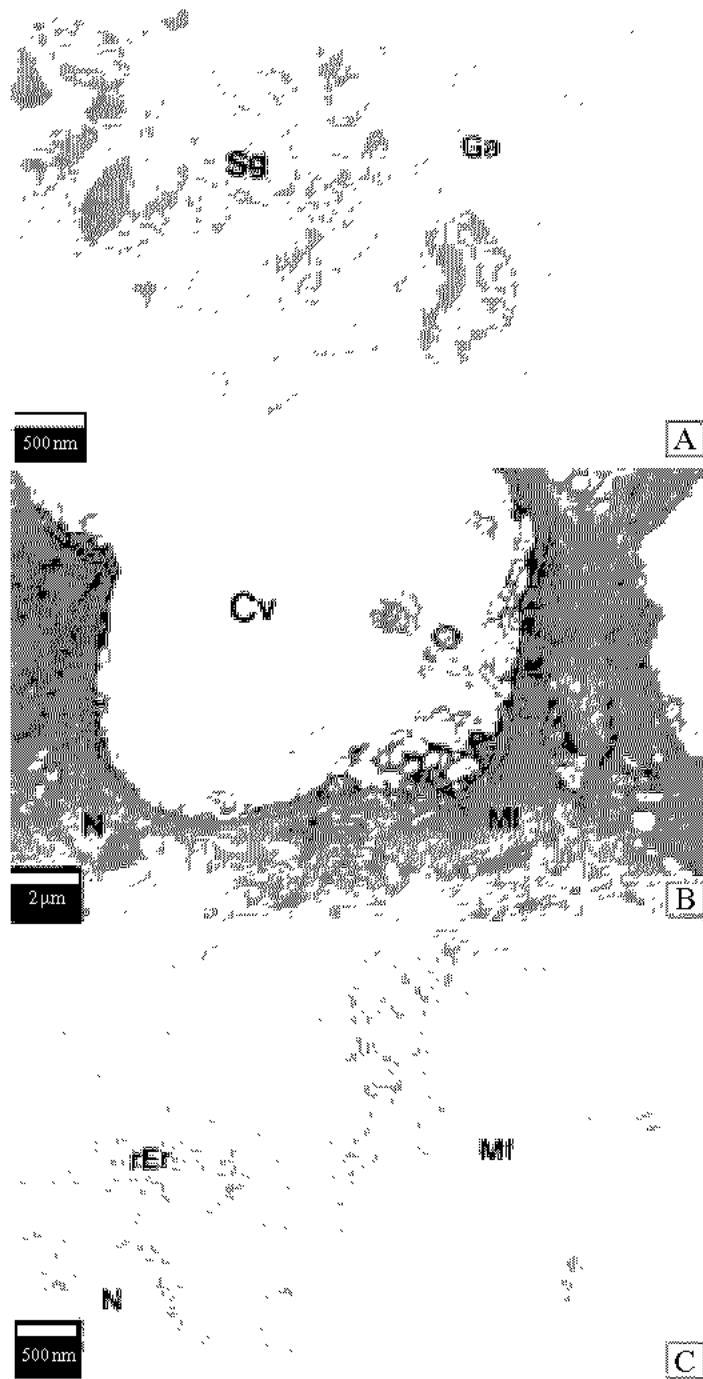


Fig. 2. Ultrastructure on the integumentary system of *Sebastes tertius*. A: Section of mucous cell showing the numerous secretory granules (Sg) of high electron density in the cytoplasm. B: Section of club cell showing the central vacuole (Cv) and numerous small vacuoles. C: Section of club cell cytoplasm showing the well-developed rough endoplasmic reticula (rEr) and microfilaments (Mf). Ga: Golgi apparatus, N: nucleus.

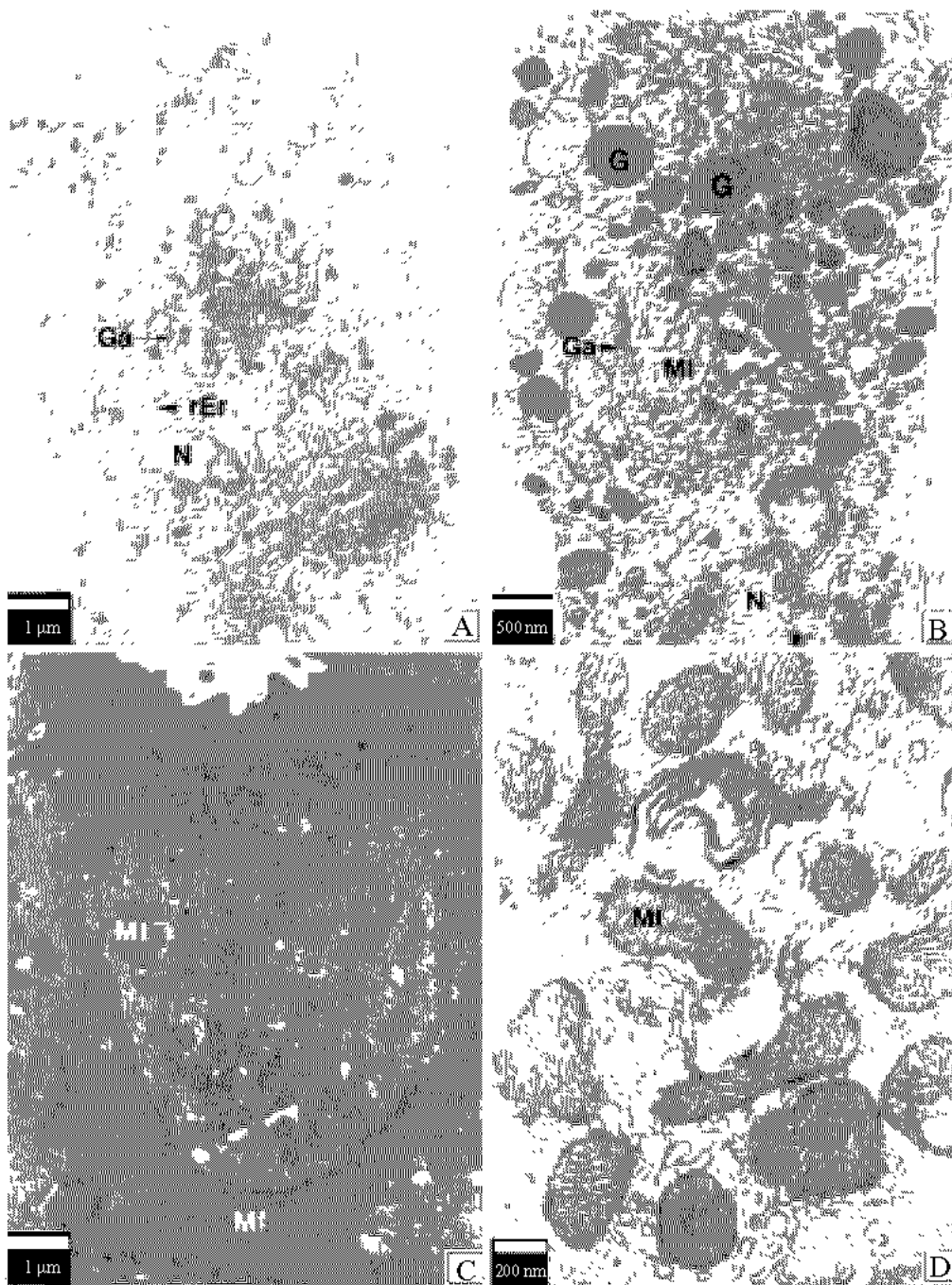


Fig. 3. Ultrastructure on the integumentary system of *Sebastiscus tertius*. A & B: Sections of granular cell showing the numerous membrane-bounded granules (G), developed rough endoplasmic reticula (rEr) and Golgi apparatus (Ga). C & D: Section of mitochondria-rich cell showing the well-developed microfilaments (Mf) and numerous tubular mitochondria (Mt). N: nucleus.

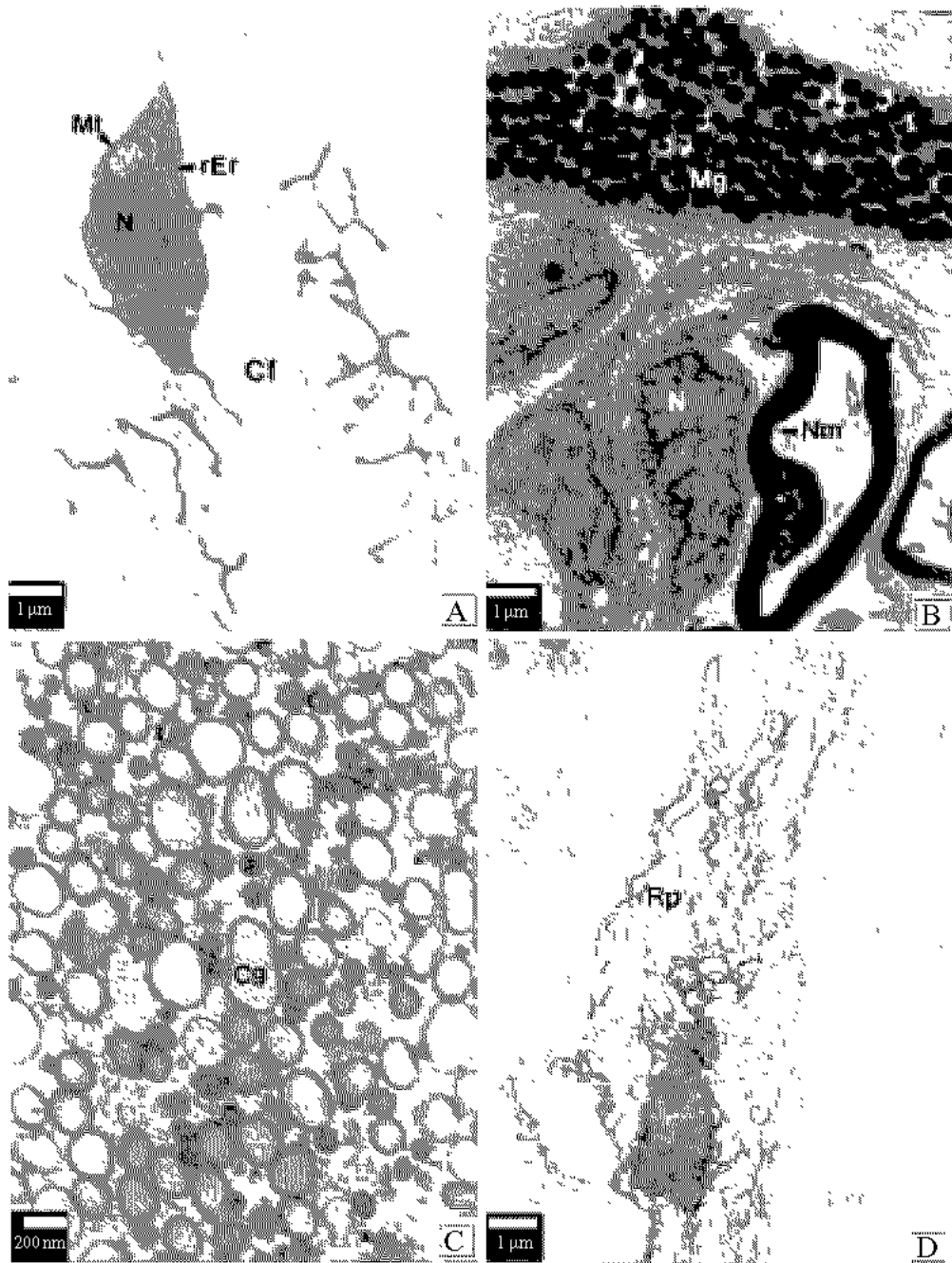


Fig. 4. Ultrastructure on the integumentary system of *Sebastes tertius*. A: Section of the dermal layer showing the developed collagen fibers (Cf) and fibrocyte. B: Section showing the melanocyte and nerve myelin (Nm) in the dermal layer. C: Section showing the carotenoid granules (Cg) of low electron density. D: Section of the dermal layer showing the reflecting platelets (Rp) of high electron transparency. Mg: melanin granules, Mt: mitochondria, N: nucleus, rEr: rough endoplasmic reticula (rEr).

립 보다 작았으며, 전자밀도도 멜라닌 과립에 비해 낮은 편이었다 (Fig. 4C). 백색소포는 전자투과도가 높은 반사소포를 가지는데, 이들 반사소포는 원형 또는 타원형으로 크기는 직경 $0.5\mu\text{m}$ 내외였으며, 투명하게 관찰된다 (Fig. 4D). 그리고 진피층의 색소세포 근처에는 신경섬유 다발이 분포하고 있었다 (Fig. 4B).

고 찰

해양 경골어류의 피부계 구조에 관해서는 *Gymnodraco acuticeps* (Eastman & Hikida, 1991), palembang puffer, *Tetraodon steindachneri* (Hertwig et al., 1992), 농어, *Lateolabrax japonicus* (Lee & Kim, 1999), 베도라치, *Pholis nebulosa* (Lee et al., 2000a) 등 많은 어류에서 보고되었다. 이들 어류의 피부계는 공통적으로 외부의 상피층과 안쪽의 진피층으로 구성되며, 상피층에는 지지세포와 선세포 그리고 부속세포들이 존재하고, 진피층은 치밀결합조직층으로 콜라겐 섬유, 비늘과 색소세포들이 유래한다. 본 연구 결과 붉은썸뱅이 피부계의 일반적인 구조는 이들 어류와 동일한 것으로 조사되었다.

붉은썸뱅이 피부계의 상피층을 구성하는 지지세포의 종류는 세포들의 위치와 그 형태에 따라 기저막으로부터 기저세포, 중간세포, 표면세포로 구분되는데, 이러한 구조는 cottid, *Pseudoblennius cottoides* (Sato, 1978), palembang puffer, *Tetraodon steindachneri* (Hertwig et al., 1992), guppy, *Poecilia reticulatus* (Moon, 1995), 뱀장어, *Anguilla japonica* (Park et al., 1995a), 베도라치, *Pholis nebulosa* (Lee et al., 2000a)에서 보고되고 있다. 하지만 위에서 열거한 이들 종에 있어서의 지지세포들의 미세구조 가운데 가장 특이할 만한 점은 표면세포의 경우에는 미세융기의 발달을 들 수 있으며, 세 종류의 지지세포들의 공통적인 특징은 membrane interdigitation과 세포질 피질부에 미세섬유가 잘 발달되어 있다는 것이다. 이들 미세섬유는 상피층 구성세포들의 형태 유지와 주변의 환경 변화에 대한 능동적인 적응을 수행하는 기능을 한다 (Henrikson & Matoltsy, 1968; Merrilees, 1974; Park et al., 1995a).

붉은썸뱅이의 경우에는 표면세포에서 미세융기의 발달은 관찰되나, 세 종류의 모든 지지세포에서 이러한 미세섬유의 발달은 위에서 열거한 어류들과 비교해 볼 때 미약하다고 할 수 있다. 이러한 이유는 우선 서식생태의 차이로 위에서 열거한 어류들의 주 서식지는 담수 또는 담수의 유입으로 염분도 및 기타 물리화학적 변화가 높은 곳이지만, 붉은썸뱅이는 이들 보다는 환경변화가 다소 적은 지역에 서식하기 때문에 이들 세포의 변화 폭이 작을 것이라는 생태적 특징에서 비롯된 것으로 생각된다.

붉은썸뱅이 피부계의 상피층 표면세포에서 관찰되는 요철형태의 미세융기와 이를 덮고 있는 glycocalyx는 뱀장어, *Anguilla japonica* (Park et al., 1995a), guppy, *Poecilia reticulata* (Kang et al., 1998), 농어, *Lateolabrax japonicus* (Lee & Kim, 1999), 베도라치, *Pholis nebulosa* (Lee et al., 2000a), 문치가자미, *Limanda yokohamae* (Lee et al., 2000b), 넙치, *Paralichthys olivaceus* (Kim et al., 2002) 등에서 보고된 것과 유사한 구조였다.

이러한 미세융기는 점액세포에서 분비된 점액물질을 어류의 체표에 유지시켜 주는 기능을 하는 구조로서 어류가 점액물질을 통하여 외부 자극에 대한 생물학적 방어 기능을 높이고 아울러 물과의 마찰력을 감소시켜 유영력을 높일 수 있도록 도와준다 (Hawkes, 1974; Mittal et al., 1980). 그리고 미세융기의 표면에서 관찰되는 미세한 섬유상의 glycocalyx는 세균과 기생충 등의 외부 생물학적 요인의 인지에 관여한다 (Park et al., 1995a).

붉은썸뱅이 피부계의 상피층에서는 단세포선 형태의 점액세포가 관찰되었는데, 이들 점액세포들의 미세구조적 특징은 cottid, *Pseudoblennius cottoides* (Sato, 1979), 금붕어, *Carassius auratus* (Jeong & Moon, 1994), 베도라치, *Pholis nebulosa* (Lee et al., 2000a)와 유사하였다. 그리고 점액세포가 가지는 점액물질은 brown trout, *Salmo trutta* (Pickering, 1974), murrel, *Channa striata* (Mittal & Banerjee, 1975), *Gymnodraco acuticeps* (Eastman & Hikida, 1991), 금붕어, *Carassius auratus* (Jeong & Moon, 1994), 뱀장어, *Anguilla japonica* (Park et al., 1995b), 미꾸리, *Misgurnus anguillicaudatus* (Park & Kim, 1999) 그리고 문치가자미, *Limanda yokohamae* (Lee et al., 2000b)의 경우는 산성이다. 그러나 베

도라치, *Pholis nebulosa* (Lee et al., 2000a), 돌가자미, *Kareius bicoloratus* (Lee & Jin, 2001b), 넙치, *Paralichthys olivaceus* (Kim et al., 2002)의 경우에는 중성이며, 본 연구 결과 붉은썸뱅이의 경우에는 AB-PAS (pH 2.5)에 청색으로 반응하여 점액물질은 산성으로 확인되었다.

붉은썸뱅이 피부 상피층의 곤봉상세포는 점액분비세포와 마찬가지로 단세포선의 형태로 중심공포, 세포질 피질부에서의 당김세사 그리고 부착반과 membrane interdigitation의 발달 등의 특징을 보이는데, 이러한 결과는 칠성장어류 (Downing & Novales, 1971), 뱀장어, *Anguilla japonica* (Park et al., 1995b), 농어, *Lateolabrax japonicus* (Lee & Kim, 1999) 그리고 문치가자미, *Limanda yokohamae* (Lee et al., 2000b)에서 보고된 이들 세포의 미세구조와 일치하였다.

곤봉상세포의 기능은 크게 경고물질, 항병원성 물질 및 페로몬의 분비 등이 알려져 있는데, Leonard & Summers (1976)는 뱀장어가 성장하여 해수에서 담수로 이동하는 시기 즉, 다시 말해서 환경의 변화가 심한 시기가 되면 이들 곤봉상세포는 수와 크기 면에서 증가한다고 보고하였으며, Suzuki & Kaneko (1989)는 뱀장어의 경우에는 항병원성물질의 일종인 hemagglutinin을 분비한다고 보고하였다. 그리고 Irving (1996)은 암컷 minnow, *Phoxinus phoxinus*의 상피층 곤봉상세포에서 페로몬의 분비를 언급하여, 곤봉상세포의 기능 역시 어종 및 시기에 따라 다양하게 상피층되는 것으로 생각되지만, 본 연구 결과에서 붉은썸뱅이 피부에 존재하는 곤봉상세포의 기능에 관해서는 결론을 내리기 어려웠다.

어류 피부 상피층의 과립세포는 금붕어, *Carassius auratus* (Jeong & Moon, 1994), 문치가자미, *Limanda yokohamae* (Lee et al., 2000b) 그리고 돌가자미, *Kareius bicoloratus* (Lee & Jin, 2001b)에서 보고되고 있지만 이들 세포에 대한 구체적인 보고가 매우 적으며, 과립의 방출양상은 손상된 부위에서 전분비 형태로 이루어질 것이라고 추측할 뿐 (Whitear, 1986) 과립세포의 기능과 분비양상 및 과립의 화학적 성분에 관해서는 아직 명확하지 않다. 금붕어, 문치가자미, 돌가자미의 경우에는 과립세포는 중간층과 기저층에 존재하지만 붉은썸뱅이의 과립세포는 주로 표면층에 존재하여 분

포의 차이를 보였다.

어류의 피부 상피층에서 관찰되는 염세포는 이온조절세포로서 광염성 어류에서 빈번하게 나타나는데 (Whitear, 1986), 문치가자미, *Limanda yokohamae* (Lee et al., 2000b)와 넙치, *Paralichthys olivaceus* (Kim et al., 2002) 등에서 염세포가 보고되었다. 본 연구 결과 붉은썸뱅이의 상피층에서 관찰된 mitochondria-rich cell의 미세구조적인 특징으로 수질부의 세포질에는 발달된 다수의 미토콘드리아들이 분포한다는 점에서는 염세포와 유사하였지만, 세포질의 피질부가 발달된 미세섬유의 다발로 둘러 싸여있다는 점은 앞에서 보고된 염세포와는 다른 특징을 보여 염세포와 기능면에서의 연관성은 결론지을 수 없었다.

붉은썸뱅이 피부의 진피층을 대부분 차지하고 있는 콜라겐 섬유 사이에서 발견되는 섬유세포는 세포질에 소수의 미토콘드리아와 아주 잘 발달된 조면소포체를 가지는데, 이와 같은 진피층 섬유세포의 특징은 베도라치, *Pholis nebulosa* (Lee et al., 2000a)와 유사한 것으로 나타났다. 이러한 조면소포체의 발달은 이들 섬유세포로부터 진피층의 섬유를 형성하는 단백질성 물질의 분비를 추측할 수 있는 미세구조적 특징이다.

일반적으로 어류의 체색변화는 형태학적 체색변화 (morphological color change)와 생리학적 체색변화 (physiological color change)로 구분되는데, 생리학적 체색변화는 피부 색소포의 빠른 분포변화에 의한 것으로 신경의 지배를 받는다 (Fujii & Novales, 1969). 본 연구에서 주로 진피층의 기저막부근에 분포하고 있는 색소세포는 투과전자현미경 관찰 결과 과립의 전자밀도와 전자투과도에 따라 흑색소포와 황색소포 그리고 백색소포가 확인되었다. 그리고 색소세포들 주변에서는 잘 발달된 신경세포들이 분포하고 있었으며, 이와 같은 신경세포의 발달은 돌가자미, *Kareius bicoloratus* (Lee & Jin, 2001b)에서도 볼 수 있는데, 이는 신경지배에 의한 생리학적 체색변화에 필요한 구조적 특징으로 해석된다.

참 고 문 헌

Choi Y, Kim JH, Park JY: Marine fishes of Korea. Kyo Hak

- Publishing Co., Ltd., Seoul, pp. 645, 2002.
- Downing SW, Novales RR: The fine structure of lamprey epidermis. II. Club cells. *J Ultrastruct Res* 35 : 295-303, 1971.
- Eastman JT, Hikida RS: Skin structure and vascularization in the Antarctic notothenioid fish *Gymnodraco acuticeps*. *J Morphol* 208 : 347-365, 1991.
- Fujii R, Novales RR: Cellular aspects of the control of physiological color changes in fishes. *Am Zool* 9 : 453-463, 1969.
- Hawkes JW: The structure of fish skin. I. General organization. *Cell Tiss Res* 149 : 147-158, 1974.
- Henrikson RC, Matoltsy AG: The fine structure of teleost epidermis. I. Introduction and filament containing cells. *J Ultrastruct Res* 21 : 194-212, 1968.
- Hertwig I, Eichelberg H, Hentschel J: Light and electron microscopic studies of the skin of the palembang puffer, *Tetraodon steindachneri* (Teleost, Tetraodontidae). *Zoomorphology* 111 : 193-205, 1992.
- Irving PW: Sexual dimorphism in club cell distribution in the European minnow and immunocompetence signalling. *J Fish Biol* 48 : 80-88, 1996.
- Jeong YK, Moon MJ: Integumental secretory cells in goldfish, *Carassius auratus* L.. *Korean J Electron Microscopy* 24 : 1-10, 1994.
- Kang WS, Moon YW, Han JW, Park NG, Kim HH: Induced epidermal cell turnover in the seawater adapted guppy, *Poecilia reticulata*. *Korean J Biol Sci* 2 : 521-527, 1998.
- Kim JW, Chin P, Jin YG, Lee JS: Ultrastructure on the integumentary epidermis of the bastard halibut, *Paralichthys olivaceus* (Teleostei: Pleuronectidae). *Korean J Electron Microscopy* 32 : 121-129, 2002.
- Lee JS, An CM, Huh SH: Integumentary ultrastructure of the blenny, *Pholis nebulosa* (Teleostei: Pholidae). *J Korean Fish Soc* 33 : 148-152, 2000a.
- Lee JS, Jin YG: Structural difference of the teleost integument according to habitat. *Bull Fish Sci Inst Yosu Nat'l Univ* 10 : 1-7, 2001a.
- Lee JS, Jin YG: Ultrastructure and histochemistry on the integumentary system of the stone flounder, *Kareius bicoloratus* (Teleostei: Pleuronectidae). *Korean J Electron Microscopy* 31 : 325-331, 2001b.
- Lee JS, Kang JC, Baek HJ: Ultrastructure on the integumentary epidermis of the marbled sole, *Limanda yokohamae* (Teleostei: Pleuronectidae). *Korean J Electron Microscopy* 30 : 303-310, 2000b.
- Lee JS, Kim JW: Fine structure of the integumentary supporting cell and gland cell of the sea bass, *Lateolabrax japonicus* (Teleostei: Moronidae). *Korean J Electron Microscopy* 29 : 417-426, 1999.
- Leonard JB, Summers RG: The ultrastructure of the integument of the American eel, *Anguilla rostrata*. *Cell Tiss Res* 171 : 1-30, 1976.
- Merrilees MJ: Epidermal fine structure of the teleost *Esox americanus* (Esocidae: Salmoniformes). *J Ultrastruct Res* 47 : 272-283, 1974.
- Mittal AK, Banerjee TK: Histochemistry and the structure of the skin of a murel, *Channa striata* (Bloch, 1797) (Channiformes, Channidae). I. Epidermis. *Can J Zool* 53 : 833-843, 1975.
- Mittal AK, Whitear M, Agarwal SK: Fine structure and histochemistry of the epidermis of the fish, *Monopterus albus*. *J Zool* 191 : 107-125, 1980.
- Moon YW: Ultrastructural changes of the epidermis of guppy, *Poecilia reticulata* scale adapted to the seawater. *Korean J Electron Microscopy* 25 : 104-114, 1995.
- Park IS, Kim JJ, Jo UB, Park SO: Fine structural changes in the eel epidermis according to sea water adaptation. I. Epithelial cell. *Korean J Zool* 38 : 26-37, 1995a.
- Park IS, Kim JJ, Jo UB, Park SO: Fine structural changes in the eel epidermis according to sea water adaptation. II. Mucous cell and club cell. *Korean J Zool* 38 : 38-47, 1995b.
- Park JY, Kim IS: Structure and histochemistry of skin of mud loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (Pisces, Cobitidae), from Korea. *Korean J Ichthyol* 11 : 109-116, 1999.
- Pickering AD: 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, 1974.
- Sato M: 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, 1979.
- Sato M: Light and transmission electron microscopy of the granular cell in the skin epidermis of a cottid, *Pseudoblennius cottoides*. *Japanese J Ichthyol* 24 : 231-238, 1978.
- Suzuki Y, Kaneko T: Demonstration of the mucous hemagglutinin in the club cells of eel skin. *Dev Comp Immunol* 10 : 509-518, 1986.

Whitear M: The skin of fishes including cyclostomes. In: Bereiter Hahn J, Matoltsy AG, Richards KS, eds, Biology of the integument. 2 Vertebrates, Springer Verlag, NewYork, pp. 8-77, 1986.

<국문초록>

붉은쏨뱅이의 피부 상피층은 다층상피층으로 지지세포, 선세포, 과립세포 그리고 mitochondria rich cell들로 구성된다. 상피층은 지지세포의 형태와 구조에 따라 표면층,

중간층 및 기저층으로 구분할 수 있다. 점액세포들은 단세포선으로 상피의 표면층과 중간층에 분포하며, 산성의 비황화 뮤코다당류로 구성된 점액을 가진다. 곤봉상세포는 세포질에 잘 발달된 중심공포, 조면소포체 및 골지체를 가진다. 과립세포는 표면층에 존재하며, 전자밀도가 높은 과립을 가진다. mitochondria rich cell의 주변부 세포질에는 미세섬유 다발이 발달되어 있으며, 수질부에는 다수의 판상 미토콘드리아를 가진다. 색소세포는 세포질에 존재하는 함유물의 전자밀도에 따라 세 종류로 구분할 수 있다.