

## 고등어 (*Scomber japonicus*) 피부계의 미세구조 및 조직화학

진 영 국 · 이 정 식\*

여수대학교 수산생명의학과

### Ultrastructure and Histochemistry of the Integumentary System of the Chub Mackerel, *Scomber japonicus* (Teleostei: Scombridae)

Young Guk Jin and Jung Sick Lee\*

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

Integumentary structures of the chub mackerel (*Scomber japonicus*) were examined by light and transmission electron microscopy. The integument of the fish was composed of epidermal and dermal layers. The epidermal thickness is about 20  $\mu\text{m}$  in TL 35~40 cm fish. The epidermal layer could be classified into superficial, intermediate, and basal layers by morphology and position of the supporting cells. The epidermal layer also possessed mucous cells, club cells and chloride cells. The area of secretory cells, including mucous and club cells, is about 23% of the epidermal layer. The mucous materials were identified as sulfated glycoprotein, neutral and acid in nature. Club cells had a large central vacuole and rough endoplasmic reticula in the cytoplasm. Chloride cells had numerous tubular mitochondria in the cytoplasm. The dermal layer consists mainly of collagenous fiber, and it contains fibrocytes, pigment cells and cycloid scales.

**Key words** : Chub mackerel (*Scomber japonicus*), integument, ultrastructure

#### 서 론

어류 피부계의 구조 및 구성세포들에 관한 대부분의 연구들은 채집요건, 주변 오염 환경과의 관계 그리고 연구자료 축적 등의 이점으로 인해 그 대상 종들이 주로 담수, 기수, 연·근해 또는 저서성 어류에 국한되어 있다 (Downing and Novales, 1971; Leonard and Summers, 1976; Burton and Everard, 1991; 이 등, 2000a, b; Berra and Humphrey, 2002).

경골어류의 운동성과 연관된 근육의 형태 및 기능에 관한 연구에서 근육의 미세구조와 세부적인 기능은 서식지와 계절 및 종에 따라 차이를 보인다 (Sänger *et al.*, 1990). 이 같은 관점에서 외양성의 유영력이 높은 어류들은 연안의 정착성 어류들과는 구조적인 특징에서 다소 차이가 있을 것으로 예상되지만 이들의 피부계의 구조에 대한 연구는 그 보고를 찾아보기가 힘들다.

따라서 본 연구는 고등어, *Scomber japonicus*를 대상으로 이들 피부계의 미세구조를 밝힘으로서, 추후 어류의 다양한 피부계를 고찰하거나 또는 서식환경에 따른 구조적 차이점을 규명하는데 있어 그 기초 자료를 제공하고자 하였다. 고등어는 외양의 중·표층에 서식하는

\*Corresponding author: ljs@yosu.ac.kr

외양성 경골어류로서 체고가 비교적 낮으며, 몸이 긴 방추형으로 우리나라 전 연안, 열대와 아열대 지역에 분포한다(김과 강, 1993).

## 재료 및 방법

본 실험에 사용된 고등어는 2003년 6~8월 사이에 여수 인근 해역에서 정치망으로 채집한 전장 35.0~40.0 cm의 개체들이며, 15개체를 시험에 이용하였다. 채집 즉시 현장에서 아가미 뚜껑 뒤의 등쪽 피부조직을 절취하여 고정하였다. 광학현미경 조직표본은 Bouin's fluid에 고정 후 파라핀 절편법으로 두께 4~5  $\mu\text{m}$ 의 횡단면으로 제작하였으며, Mayer's hematoxylin-eosin (H-E) 비교염색, Masson 삼중염색, alcian blue-periodic acid-Schiff's solution (AB-PAS, pH 2.5) 반응, aldehyde fuchsin-alcian blue (AF-AB) 반응을 실시하였다. 조직화학적 반응 결과 점액세포의 염색 친화도 판정은 Pantone® Formula Guide (Pantone Inc., USA)를 기준으로 하여 고유번호를 괄호( )안에 표시하였다.

투과전자현미경 (TEM) 조직표본 제작은 피부조직을 0.1 M phosphate buffer (pH 7.2)로 완충시킨 2.5% glutaraldehyde 용액으로 전 고정한 후 1% osmium tetroxide ( $\text{OsO}_4$ )로 4°C에서 2시간 동안 후 고정하였다. 고정이 끝난 조직은 탈수하여 Epon 812에 포매하였다. 포매된 조직은 두께 0.5  $\mu\text{m}$ 의 semithin section 후 70 nm의 ultrathin section을 하였다. Ultrathin section은 uranyl

acetate와 lead citrate 용액으로 이중 염색하여 투과전자현미경 (JEM-1200EXII, JEOL)으로 관찰하였다.

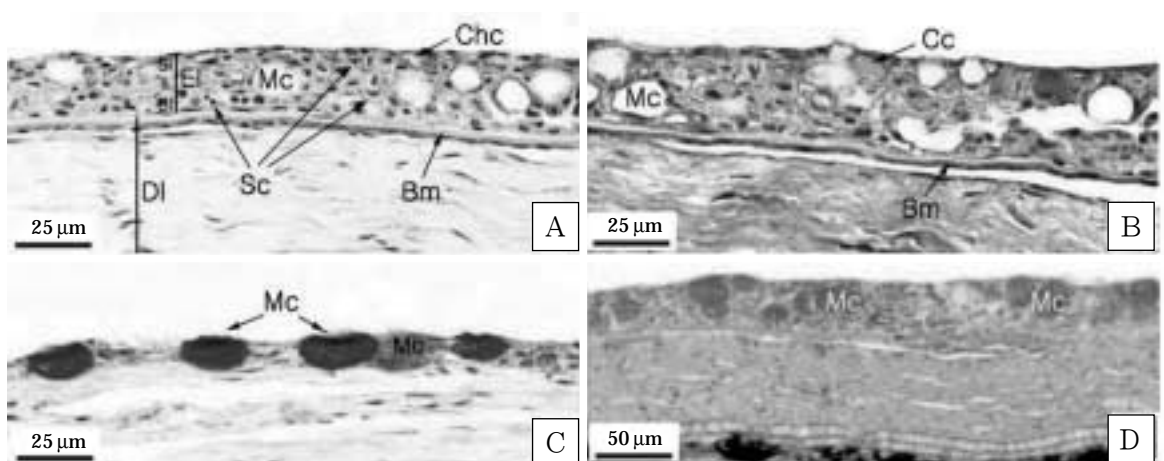
피부 상피층 및 기저막의 두께, 상피층에 대한 상대적 기저막의 두께 및 상피층에 대한 분비세포들의 분포 비율을 조사하기 위하여 화상분석장치 (IMT, Visus, U.S.A)를 사용하였다.

## 결 과

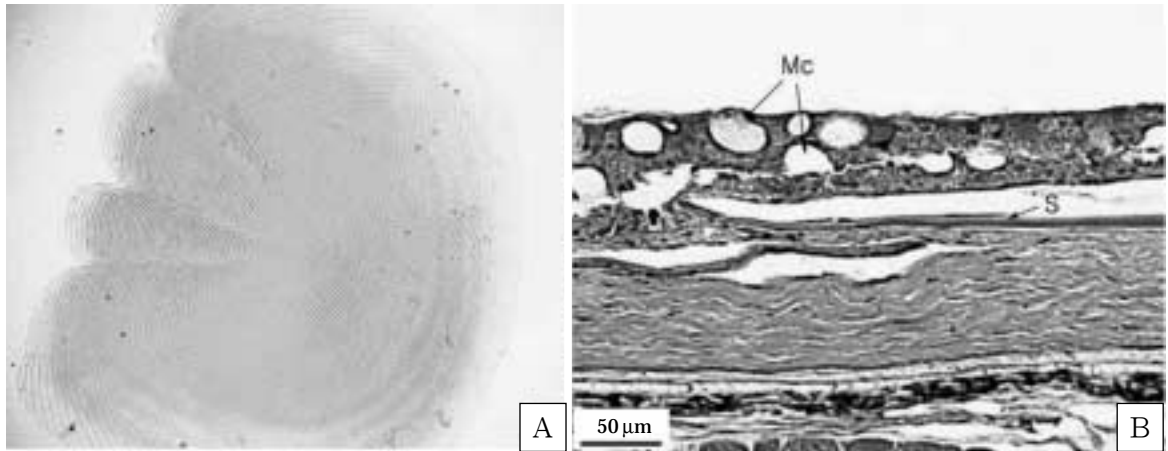
### 1. 광학현미경적 구조

H-E 염색과 Masson 삼중염색 결과, 고등어 피부계는 상피층 (epidermal layer)과 진피층 (dermal layer)으로 이루어져 있었다.

피부 상피층은 5~7층의 세포층으로 된 다층구조로서 지지세포와 분비세포들이 분포하고 있었다. 지지세포들은 가장 바깥쪽에서부터 표면세포층, 중간세포층 그리고 기저세포층을 이루고 있었고, 분비세포들은 타원형 또는 위·아래로 폭이 좁은 세포들이 중·상층부에서 H-E 염색에 공포상 또는 얼은 분홍색 (510C)으로 관찰되었다 (Fig. 1A). 피부 상피층에 존재하는 분비세포들의 종류와 그 성상을 관찰하기 위하여 AB-PAS (pH 2.5)와 AF-AB 반응을 실시한 결과, 분비세포들은 상피층의 중·상부에 선세포인 점액세포 (mucous cell)와 곤봉상세포 (club cell) 그리고 부속세포인 염세포 (chloride cell)로 구분되었다. 점액세포는 원형에 가까운 타원형의 형태로서 H-E 염색에서 공포상으로 관찰되었고 (Fig. 1A), AB-



**Fig. 1.** Histology on the integumentary system of the chub mackerel, *Scomber japonicus*. A: Section of H-E showing the integumentary system. B: Section of Masson's trichrome stain showing the mucous cells and collagen fibers of the dermal layer. C: Section of AB-PAS reaction showing the neutral and acidic mucous cells. D: Section of AF-AB reaction showing the mucous cells of alcian blue positive. Bl: basal layer, Bm: basal membrane, Cc: club cell, Chc: chloride cell, Dl: dermal layer, El: epidermal layer, Il: intermediate layer, Mc: mucous cell, Sc: supporting cell, Sl: superficial layer.



**Fig. 2.** Photomicrographs on the cycloid scale of the chub mackerel, *Scomber japonicus*. A: External morphology of the cycloid scale. B: Section of Masson's trichrome stain showing the cycloid scale of the dermal layer. Mc: mucous cell, S: scale.

PAS (pH 2.5) 반응에서 분홍색 (219C)과 푸른색 (294C)으로 반응하는 두 종류로 구분되었으며 (Fig. 1C), AF-AB 반응에서 푸른색 (2995C)으로 관찰되었다 (Fig. 1D). 곤봉상세포는 타원형으로서 Masson 삼중염색에서 세포질에 미세한 과립들이 분포하고 있었고 (Fig. 1B), AB-PAS (pH 2.5) 및 AF-AB 반응에서는 공포상으로 관찰되었다 (Fig. 1C, D). 염세포는 입방형으로서 주로 상피층의 상부에 분포하고 있었으며, H-E 염색에 얼은 분홍색으로 관찰되었다 (Fig. 1A).

상피층과 기저막의 두께는 각각 20.39  $\mu\text{m}$ 와 0.45  $\mu\text{m}$ 로 조사되었으며, 상피층에 대한 상대적 기저막의 두께는 2.51%로 조사되었다. 피부 상피층에서 분비세포들이 차지하는 비율은 약 23%로 조사되었다.

진피층은 치밀결합조직으로서 색소포 (Fig. 1A)와 둥근 비늘 (Fig. 2A, B)이 기저막의 인접 부위에서 관찰되며, Masson 삼중염색에서 상부쪽은 얼은 푸른색 (310U)으로 나타났고, 하부쪽은 짙은 푸른색 (312U)으로 나타났다 (Fig. 1B).

## 2. 미세구조

고등어 피부 상피층을 구성하는 지지세포들은 위치와 형태에 따라 표면세포, 중간세포 그리고 기저세포로 구분되었다.

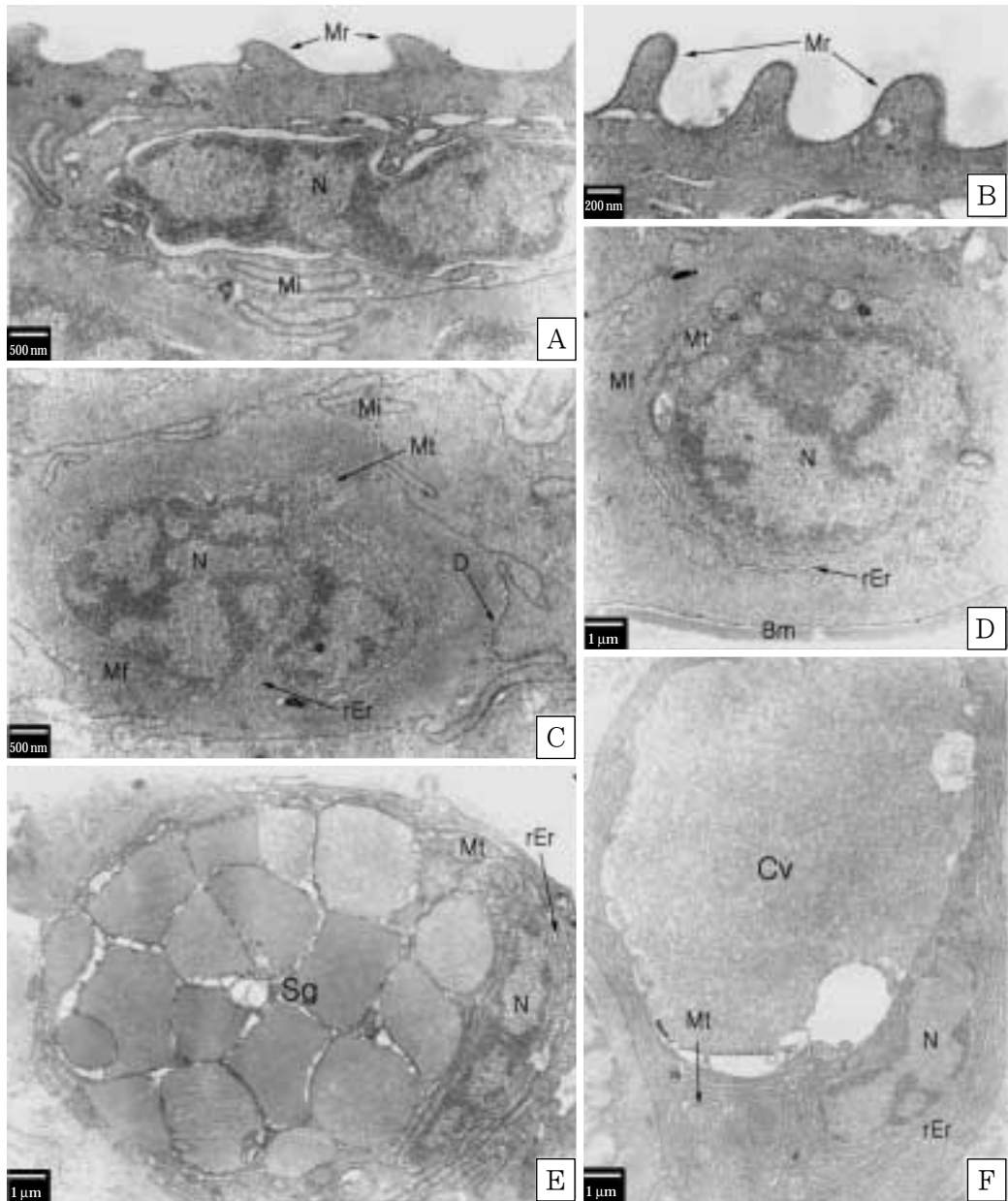
표면세포는 상피층의 가장 바깥쪽에 편평형의 형태로 위치하고 있었으며, 높이 330~580 nm의 다양한 크기를 가진 미세융기들이 바깥쪽의 자유면을 따라 요철형태로 배열되어 있었다. 핵은 편평형으로 세포의 상당부분을 차지하고 있었으며, 핵질의 일부와 핵막을 따라 전자밀

도가 높은 염색질이 분포하고 있었다. 세포질은 피질부와 수질부의 구분이 뚜렷하지 않았으며, 소수의 조면소포체와 미세섬유들이 대부분을 차지하고 있었다. 표면세포와 표면세포간의 세포간 결합구조로는 membrane interdigitation이 관찰되었다 (Fig. 3A). 표면세포의 자유면에 존재하는 미세융기들에서 당질층의 발달은 매우 미약하였다 (Fig. 3B).

중간세포는 표면세포층과 기저세포층 사이에 위치하며, 편평형에 가까운 입방형이었고, 주변 세포들과는 부착반과 membrane interdigitation으로 연결되어 있었다. 세포질은 피질부와 수질부로 구분되었다. 핵은 불규칙한 형태로 핵막 주변과 일부 핵질 내에 전자밀도가 높은 염색질이 분포하고 있었다. 세포질의 수질부에는 조면소포체와 소수의 미토콘드리아가 존재하고 있었고, 피질부에는 미세섬유들이 미약하게 분포하고 있었다 (Fig. 3C).

기저층을 구성하는 기저세포들은 입방형이었고, 주변의 지지세포들과는 membrane interdigitation으로 연결되어 있었다. 핵은 장방형의 형태로 핵막 주변과 일부 핵질 내에 전자밀도가 높은 염색질이 분포하고 있었다. 세포질은 중간세포와 같이 피질부와 수질부로 구분되었는데, 수질부는 잘 발달된 미토콘드리아와 조면소포체 등의 세포소기관들이 분포하고 있었고, 피질부는 미세섬유들이 분포하고 있었다 (Fig. 3D).

점액세포는 장경 약 1.40~1.47  $\mu\text{m}$  크기의 원형에 가까운 타원형으로 세포질에는 전자밀도가 다른 분비과립들이 분포하고 있었으며, 기저부에는 핵막과 핵질의 일부에 전자밀도가 높은 염색질이 존재하는 편평형의 핵이 위치하고 있었다. 분비과립과 핵 주위에서는 미토콘



**Fig. 3.** Ultrastructure on the integumentary system of the chub mackerel, *Scomber japonicus*. A: Epithelial cell of the superficial layer. B: Microridges of superficial cell. C: Epithelial cell of the intermediate layer. D: Basal cell. E: Mucous cell. F: Club cell. Bm: basal membrane, Cv: central vacuole, D: desmosome, Mf: microfilament, Mi: membrane interdigitation, Mr: microridge, Mt: mitochondrion, N: nucleus, rEr: rough endoplasmic reticulum, Sg: secretory granule.

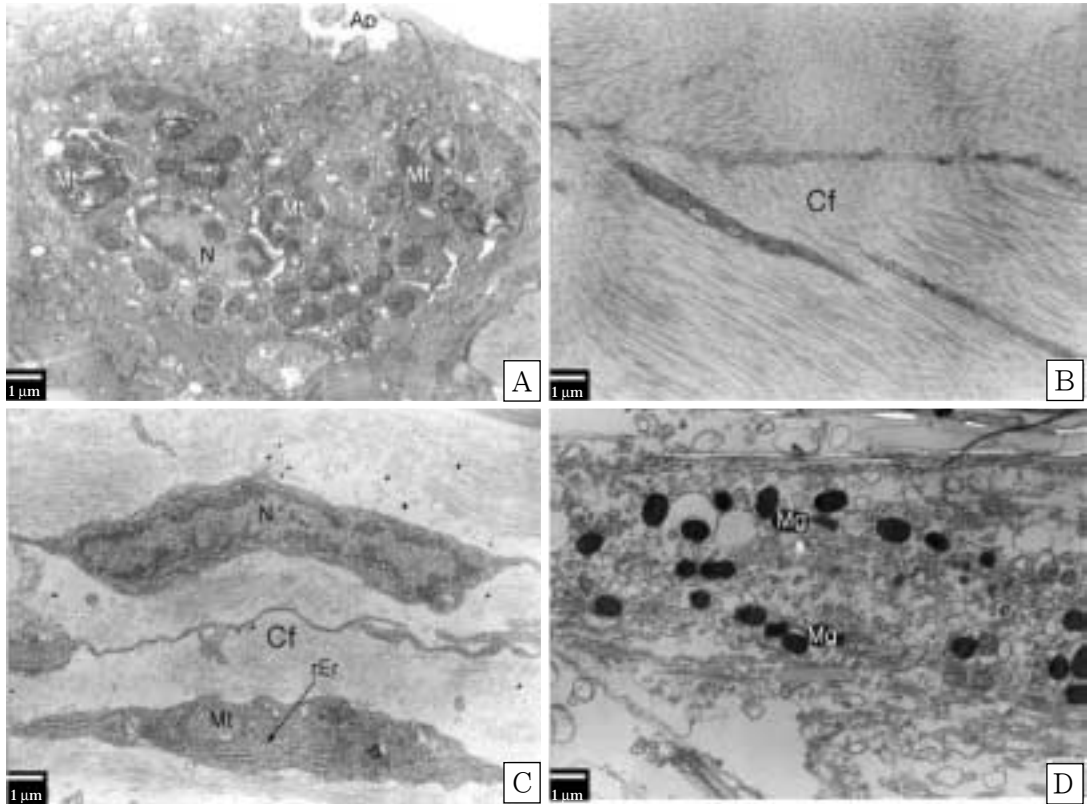
드리아와 조면소포체가 관찰되었으며, 이 세포소기관들을 미세섬유들이 둘러싸고 있었다 (Fig. 3E).

곤봉상세포는 장경 약 1.83~1.92 μm 크기의 타원형 세포로 세포질 가운데는 커다란 중심포가 있었으며, 세포질의 기저부에는 전자밀도가 높은 염색질이 존재하는 불규칙한 형태의 핵이 한쪽에 치우쳐 있었다. 세포질은 미토콘드리아와 잘 발달된 조면소포체 등의 세포소기관

들이 존재하고 있었다 (Fig. 3F).

염세포는 장방형의 형태로 핵막과 핵질의 일부에 전자밀도가 높은 염색질이 존재하는 핵이 세포의 하단부에 위치하고 있었으며, 세포질에는 다수의 잘 발달된 미토콘드리아가 분포하고 있었다 (Fig. 4A).

진피층은 주로 콜라겐 섬유들로 구성되어 있었으며, 색소세포 그리고 섬유세포 등이 분포하고 있었다. 콜라



**Fig. 4.** Ultrastructure on the integumentary system of the chub mackerel, *Scomber japonicus*. A: Chloride cell. B: Collagen fibers of the dermal layer. C: Fibrocyte. D: Pigment cell. Ap: apical pit, Cf: collagen fiber, Mg: melanin granule, Mt: mitochondrion, N: nucleus, rEr: rough endoplasmic reticulum.

겐 섬유들은 진피층 상부에서는 주로 열과 행의 배열이 교대로 나타났지만, 하부 쪽으로 갈수록 열과 행이 혼재된 분포를 나타냈다 (Fig. 4B). 콜라겐 섬유 사이의 섬유세포들은 편평형으로서 핵과 미토콘드리아 그리고 잘 발달된 조면소포체 등이 분포하고 있었다 (Fig. 4C). 색소 세포는 기저막에 인접한 곳에서 주로 흑색세포들이 관찰되었는데, 세포질에 전자밀도가 높은 멜라닌 과립을 함유하고 있었다 (Fig. 4D).

## 고 찰

외양성 경골어류인 고등어의 피부계는 외부로부터 크게 상피층과 진피층으로 이루어져 있었다. 이러한 구조는 많은 연구들에서 보고된 것과 동일한 구조를 하고 있어 (Whitaker and Mittal, 1986; Eastman and Hikida, 1991; 이 등, 2000a; Park *et al.*, 2003), 고등어 역시 경골어류의 일반적인 피부계 구조를 가진다고 볼 수 있다.

일반적으로 어류의 피부계 상피층은 다층구조로서 지

지세포와 선세포 그리고 여러 가지 부속세포들로 구성되며, 그 위치와 형태에 따라 크게 외부로부터 표면세포층, 중간세포층 및 기저세포층으로 구분된다. 그리고 지지세포들의 미세구조는 표면세포의 미세융기들과 그 말단의 당질층, 세포질의 미세섬유들 그리고 세포 사이의 결합구조인 폐쇄띠, 부착띠, 부착반 그리고 membrane interdigitation 등으로 특징지을 수 있다 (Sato, 1979; Whitaker and Mittal, 1986; 이와 김, 1999).

Hawkes (1974)와 Mittal *et al.* (1980)은 어류 피부 상피층의 표면세포에서 관찰되는 미세융기들은 점액물질을 어류의 체표에 유지시켜 줌으로써 유연력을 높임과 동시에 외부 자극에 대한 생물학적 방어 기능을 한다고 하였으며, 박 등 (1995)은 미세융기들을 덮고 있는 실모양의 당질층은 세균이나 곰팡이와 같은 외부 이물질에 대한 인지능력과 관련이 있다고 하였다. 미세융기들은 Antarctic notothenioid fish, *Gymnodraco acuticeps* (Eastman and Hikida, 1991), 뱀장어, *Anguilla japonica* (박 등, 1995), 베도라치, *Pholis nebulosa* (이 등, 2000b), 넙치, *Paralichthys olivaceus* (김 등, 2002) 등 많은 어류

들에서 보고되고 있으며, 본 연구에서도 관찰되었지만, 당질층의 발달은 매우 미약하였다.

미세섬유들은 당김세사(tonofilament)로서 이들 세포의 형태유지와 주변의 물리·화학적 자극에 대해 능동적으로 대처할 수 있는 구조이며(Henrikson and Matoltsy, 1968), 일반적으로 세 종류의 지지세포에서 공통적으로 관찰되었다.

세포간 결합구조는 표면에서부터 기저부로 갈수록 폐쇄띠, 부착띠 그리고 부착반의 순으로 존재한다. 또한 membrane interdigitation은 모든 지지세포들에서 공통적으로 나타난다. 이들 구조들은 *Esox americanus*(Merriam, 1974), Antarctic notothenioid fish, *Gymnodraco acuticeps*(Eastman and Hikida, 1991), 돌가자미, *Kareius bicoloratus*(이와 진, 2001) 등에서 공통적으로 관찰되며, 고등어에서도 확인되었다.

이와 김(1999)은 상피층 지지세포들의 미세구조적 차이점이 서식지의 차이에서 기인할 것이라고 언급하였는데, 고등어 피부 상피층 역시 이들의 미세구조적 특징들이 연안성 어류들과 차이가 나타난다는 것은 아마도 활동반경이 좁고 물리·화학적 변화가 심한 연안과 활동반경이 넓고 생활환경이 비교적 안정되어 있는 외양과의 서식지 차이점과 이들의 생태적 특징들이 영향을 미치는 것으로 보인다.

어류의 점액은 호흡, 이온조절, 삼투조절, 생식, 배설, 방어, 운동, 질병저항, 신호전달, 은신처 제공 그리고 기계적 손상에 대한 보호기능을 수행한다(Ingram, 1980; Iger et al., 1994; Berra and Humphrey, 2002; Buchmann et al., 2004). 조직화학적 방법으로 연구된 많은 어류들의 피부 상피층에 존재하는 점액세포들은 일반적으로 점액 성분만 분비되는 부분분비선이며, 산성과 중성의 당단백질을 함유하고 있는 것으로 알려져 있다(Gona, 1979; Mittal et al., 1994). 본 연구에서도 고등어의 점액세포에서는 산성 및 중성의 점액다당류가 관찰되었는데, 중성의 점액다당류는 green-puffer fish, *Tetraodon fluviatilis*(Mittal and Banerjee, 1976), 베도라치, *Pholis nebulosa*(이 등, 2000b), 넙치, *Paralichthys olivaceus*(김 등, 2002) 등에서 관찰된 점액물질의 성상과 일치하였으며, 그 미세구조는 산성과 중성의 점액다당류를 함유한 점액세포들과 유사하였다.

점액세포는 종의 생리적 상태, 서식지의 환경, 연령, 종특이성 등 여러 가지 요인에 의해 그 종류, 분비기작 및 활성도가 다양하기 때문에, 본 종에서 관찰된 점액세포의 여러 가지 기작을 확인하기 위해선 보다 장기적인 자료 축적이 이루어져야 할 것으로 본다.

곤봉상세포는 경고물질, 항병원성물질 그리고 페로몬

분비 등의 기능을 가지며(Leonard and Summers, 1976; Agrawal and Mittal, 1992; Irving, 1996), 미세구조, 분포 정도, 기능 등은 어종과 성장시기 그리고 계절적인 차이를 나타낸다. 이들 세포의 내용물은 단백질 화합물로 이루어져 있다(Whitear and Mittal, 1986; Agrawal and Mittal, 1992). 본 연구에서 고등어 피부계의 곤봉상세포는 문치가자미, *Limanda yokohamae*(이 등, 2000a) 등에서 보고된 곤봉상세포와 세포질의 미세한 과립들을 제외하고는 그 기본적인 구조가 같았지만 이들 곤봉상세포의 분비물질은 확인되지 않아 언급할 수 없으며, 이를 위해선 점액세포와 같이 장기적인 자료 축적이 필요하리라 본다.

염세포는 어류의 삼투조절에 있어 중요하며, 주로 아가미의 새엽과 일부 새판 그리고 비늘이 적은 어류의 피부에서 관찰된다. 일반적으로 미토콘드리아가 잘 발달된 구조를 하고 있으며, 정단부에 염류 분비공이 존재한다(Kaneko et al., 2002). Pisam et al. (1987)은 guppy, *Lebistes reticulatus*의 아가미에서 염세포를  $\alpha$ -cell과  $\beta$ -cell 두 가지로 구분하였다.  $\alpha$ -cell은 밝게 염색이 되고 길게 신장되어 있으며, 새판의 기저부에 주로 위치하고 해수적응과 밀접한 관련이 있다.  $\beta$ -cell은 어둡게 염색이 되고 원형에 가까운 타원형이며, interlamellar 지역에 주로 분포하고, 담수적응과 관련이 있다. 고등어 피부에서 관찰된 염세포는 미토콘드리아가 아주 잘 발달된 구조로 문치가자미, *Limanda yokohamae*(이 등, 2000a)와 넙치, *Paralichthys olivaceus*(김 등, 2002) 등에서 보고된 염세포의 미세구조와 유사하였지만, 종류를 구분할 수는 없었다.

## 인 용 문 헌

- Agrawal, N. and A.K. Mittal. 1992. Structural organization and histochemistry of the epithelia of the lips and associated structures of a common Indian carp, *Cirrhina mrigala*. Can. J. Zool., 70(1) : 71~78.
- Berra, T.M. and J.D. Humphrey. 2002. Gross anatomy and histology of the hook and skin of forehead brooding male nurseryfish, *Kurtus gulliveri* from northern Australia. Environ. Biol. Fish., 65 : 263~270.
- Buchmann, K., J. Bresciani and C. Jappe. 2004. Effects of formalin treatment on epithelial structure and mucous cell densities in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) skin. J. Fish Diseases, 27 : 99~104.
- Burton, D. and B.A. Everard. 1991. The effect of androgen treatment on the epidermis of post-spawned winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus* (Walbaum). J.

- Fish Biol., 38(1) : 73~80.
- Downing, S.W. and R.R. Novales. 1971. The fine structure of lamprey epidermis. 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.
- Gona, O. 1979. Mucous glycoproteins of teleostean fish: a comparative histochemical study. Histochem. J., 11 : 709~718.
- Hawkes, J.W. 1974. The structure of fish skin. 1. General organization. Cell Tiss. Res., 149(2) : 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.
- Iger, Y., H.A. Jenner and S.E. Wendelaar Bonga. 1994. Cellular responses in the skin of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* exposed to Rhine water. J. Fish Biol., 45 : 1119~1132.
- Ingram, G.A. 1980. Substances involved in the natural resistance of fish to infection—a review. J. Fish Biol., 16(1) : 23~60.
- Irving, P.W. 1996. Sexual dimorphism in club cell distribution in the European minnow and immunocompetence signalling. J. Fish Biol., 48(1) : 80~88.
- Kaneko, T., K. Shiraishi, F. Katoh, S. Hasegawa and J. Hiroi. 2002. Chloride cells during early life stages of fish and their functional differentiation. Fish. Sci., 68 : 1~9.
- Leonard, J.B. and R.G. Summers. 1976. The ultrastructure of the integument of the American eel, *Anguilla rostrata*. Cell Tiss. Res., 171(1) : 1~30.
- Merrilees, M.J. 1974. Epidermal fine structure of the teleost, *Esox americanus* (Esocidae, Salmoniformes). J. Ultrastruct. Res., 47(2) : 272~283.
- Mittal, A.K. and T.K. Banerjee. 1976. Functional organization of the skin of the green-puffer fish, *Tetraodon fluviatilis* (Ham.-Buch.) (Tetraodontidae, Pisces). Zool. Morphologie, 84 : 195~209.
- Mittal, A.K., M. Whitear and S.K. Agarwal. 1980. Fine structure and histochemistry of the epidermis of the fish, *Monopterusuchia*. J. Zool., 191(1) : 107~125.
- Mittal, A.K., T. Ueda, O. Fujimori and K. Yamada. 1994. Histochemical analysis of glycoproteins in the epidermal mucous cells and sacciform cells of an Indian swamp eel, *Monopterusuchia* (Hamilton) (Synbranchiformes, Pisces). Acta Histochem. Cytochem., 27(3) : 193~204.
- Park, J.Y., I.S. Kim and S.Y. Kim. 2003. Structure and histochemistry of the skin of a torrent catfish, *Lio-bagrus mediadiposalis*. Environ. Biol. Fish., 66 : 3~8.
- Pisam, M., A. Cardiff and A. Rambourg. 1987. Two types of chloride cells in the gill epithelium of a freshwater-adapted euryhaline fish: *Lebistes reticulatus*: their modifications during adaptation to sea water. Am. Anat., 179 : 40~50.
- Sänger, A.M., Z.S. Kim and H. Adam. 1990. The fine structure of muscle fibres of roach, *Rutilus rutilus* (L.) and chub, *Leuciscus cephalus* (L.), Cyprinidae, Teleostei: interspecific differences and effects of habitat and season. J. Fish Biol., 36 : 205~213.
- Sato, M. 1979. Fine structure of the small and large mucous cells found in the skin epidermis of two cottids, *Pseudoblenius cottoides* and *Furcina* sp.. Japan J. Ichthyol., 26(1) : 75~83.
- Whitear, M. and A.K. Mittal. 1986. Structure of the skin of *Agonus cataphractus* (Teleostei). J. Zoo. (A), 210(4) : 551~574.
- 김익수 · 강언중. 1993. 원색한국어류도감. 아카데미서적, 서울, pp. 400~401.
- 김재원 · 진 평 · 진영국 · 이정식. 2002. 넙치, *Paralichthys olivaceus* (Teleostei: Pleuronectidae) 피부 상피층의 미세구조. 한국전자현미경학회지, 32(2) : 121~129.
- 박인식 · 김진정 · 조운복 · 박상욱. 1995. 염분적응에 따른 뱀장어 표피의 미세구조적 변화. I. 상피세포. 한국동물학회지, 38 : 26~37.
- 이정식 · 강주찬 · 백혜자. 2000a. 문치가자미, *Limanda yokohamae* (Teleostei: Pleuronectidae) 피부 상피층의 미세구조. 한국전자현미경학회지, 30(3) : 303~310.
- 이정식 · 김재원. 1999. 농어, *Lateolabrax japonicus* (Teleostei: Moronidae) 피부계 지지세포와 선세포의 미세구조. 한국전자현미경학회지, 29(4) : 417~426.
- 이정식 · 안철민 · 허성희. 2000b. 베도라치, *Pholis nebulosa* (Teleostei: Pholidae) 피부계의 미세구조. 한국수산학회지, 33(2) : 148~152.
- 이정식 · 진영국. 2001. 돌가자미, *Kareius bicoloratus* (Teleostei: Pleuronectidae) 피부계의 미세구조 및 조직화학. 한국전자현미경학회지, 31(4) : 325~331.