

돌돔 (*Oplegnathus fasciatus*) 아가미의 미세구조

김재원, 백근욱^{1*}
부경대학교 해양생물학과, ¹부경대학교 해양과학공동연구소

Ultrastructure of the Gill of the Parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*

Jae Won Kim and Gun Wook Baek^{1*}

Department of Marine Biology and ¹Korea Inter-university Institutes of Ocean Science,
Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

(Receive May 27, 2004; Accepted June 17, 2004)

ABSTRACT

The ultrastructure of the gills of *Oplegnathus fasciatus* was examined by means of light and transmission electron microscopes. The gills have primary and secondary filaments (lamellae). The following cells are identified and described : epithelial cell, pillar cell, chloride cell and mucose cell.

The simple epithelial layer consists of squamous epithelium containing a large nucleus and the surface is covered with some of microridges. The lamella pillar structures are characterized by axial microtubules and lateral membrane interdigitations. Chloride cells contain a lot of mitochondria and specifically developed tubular systems. The rough endoplasmic reticulum and golgi complex, and some of mucous granules were observed in immature mucous cells. The mature mucous cells were AB PAS positive, globular in shape, and had mucous granules of similar size with various electron densities.

Key words : Fine structure, Gill, *Oplegnathus fasciatus*

서 론

어류의 아가미는 포유류의 호흡기에 해당하는 것으로 호흡작용에 관여하고 있으며 (Andrew & Hickman, 1974), 호흡, 삼투압 조절, 질소 노폐물의 배설 및 산-염기 평형조절 등의 역할을 담당하는 복잡한 기관으로 알려져 있다 (Laurent & Dunel, 1980; Kim et al., 1993).

어류 아가미의 형태 및 미세구조에 관한 연구는 무지개 송어, *Salmo gairdneri* (Kendall & Dale, 1979), zebrafish, *Brachydanio rerio* (Karlsson, 1983)와 slimy

mackerel, *Scomber australasicus* (Perera, 1993) 등에 관한 보고가 있으며, 외부요인에 의한 미세구조의 변화에 관한 보고는 무지개 송어, *Salmo gairdneri* (Temminck et al., 1983), Atlantic salmon, *Salmo salar* (Lubin et al., 1989) 및 guppy, *Poecilia reticulatus* (Moon, 1995) 등에 관한 연구를 찾아볼 수 있다.

돌돔, *Oplegnathus fasciatus* (Temminck schlegel)은 농어목, 돌돔과, 돌돔속에 속하는 어류로서 남중국 연해 및 일본의 전 연안과 우리나라 남부이남 연해에서 식한다. 연안성 어류로서 성어는 갑각류와 성게 같은

*Correspondence should be addressed to Dr. Gun Wook Baek, Korea Inter-university Institutes of Ocean Science, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea. Ph: 051-620-6213, E-Mail: 1233625@hanmail.net

극피동물을 즐겨 먹는 잡식성 어종이다(Chung, 1977).

따라서 본 연구의 목적은 최근 환경변화에 따른 돌돔의 중요한 호흡기관인 아가미의 반응기작을 파악하기 위하여 먼저 이 종의 아가미 미세구조를 관찰하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 돌돔은 전장 30.0 cm 내외의 성체 10미로서, 채집 즉시 연수절단 방법으로 죽인 다음, 바깥쪽에서 2번째 아가미의 중간부분을 절취하였다. Bouin's 용액에 24시간 고정하였으며 세척한 후에 에탄올에서 탈수과정을 거쳤다.

광학현미경 조직표본은 파라핀 절편법으로 두께 4~6 μm 로 제작되었으며, 제작된 조직표본은 Mayer's hematoxylin과 0.5% eosin (H-E)의 비교염색, periodic acid-Schiff (PAS) 반응 및 alcian blue-periodic acid-Schiff (AB-PAS, pH 2.5) 반응을 실시하였다.

투과전자현미경 (TEM)의 조직표본 제작은 적출한 아가미 조직을 1 mm³ 내외 크기로 얇게 자른 후 0.1 M phosphate buffer (pH 7.2)로 완충시킨 2.5% glutaraldehyde 용액으로 4°C에서 2~4시간 동안 전고정 하였다. 고정된 조직 절편은 phosphate buffer로 약 10분간 충분히 세척한 후 1% osmium tetroxide (OsO₄)로 4°C에서 2시간 동안 후고정 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.

결과 및 고찰

일반적으로 어류의 호흡은 피부와 아가미를 통하여 수행되는데 아가미에서 훨씬 높은 호흡기능을 한다. 그리고 아가미는 호흡 및 질소노폐물 배설의 중추적인 역할을 수행하는 기관으로, 다른 기관에 비해 그 표면

적이 넓기 때문에 환경변화에 가장 민감하게 반응하는 부위로 알려져 있다(Lee et al., 1997).

돌돔 아가미는 새궁(gill arch) 외연의 앞 뒤 2열로 된 긴 점막성의 빗살과 같은 모양으로 줄지어 있는 많은 수의 새엽(gill filament)을 가지고 있다. 각 새엽은 전후 두개의 새판(gill lamellae)이 근접하여 두열로 배열되어 있고, 전후 새판은 새격막(interbranchial septum)에 의하여 서로 연결되어 있다(Fig. 1).

아가미는 좌우 4쌍의 아가미궁으로 구성되며, 각각에서 여러 개의 일차총판이 그리고 각각의 일차총판으로부터 좌우로 이차총판이 돌출된 구조로 호흡상피의 표면이 확장된 구조적 특징을 갖는데, 이 호흡총판구조가 직접 그리고 계속해서 서식수의 흐름과 맞닿게 되므로 서식수의 변화에 의해 영향을 받게 되어 빠른 세포의 재생을 가진다고 알려져 있다(Mallat, 1985; Zenker et al., 1987; Kang et al., 1996)

Kim(1992)의 연구에서 새판의 길이가 비교적 긴 해산어종은 새판간 간격이 다소 느슨하게 나타나며 새판의 길이가 짧은 기수산인 등줄승어는 조밀한 배열을 함으로써 길이와 배열이 상호 보완되고 있는 것을 알 수 있다고 하였는데, 본 연구에서도 일반 해산어종의 형태를 보였다.

돌돔의 새판은 상피세포(epithelial cell), 기둥세포(pillar cell), 염류세포(chloride cell), 및 점액세포(muose cell)들로 구분되었다(Figs. 2, 3).

상피세포는 편평형이고 타원형의 핵을 가지고 있다. 핵은 전자밀도가 낮은 미세한 염색질 과립들이 핵질 내에 흩어져 있지만 핵막 주변에서는 전자밀도가 높은 이질염색질이 존재하고 있다. 바깥쪽의 자유면에서는 다수의 미세융기(microridge)들이 관찰되었다(Fig. 4).

돌돔의 아가미 상피세포에서 관찰되는 요철 형태의 미세융기는 피부에서 나타나는 미세융기와 마찬가지로 점액세포에서 분비된 점액물질을 유지시켜 줌으로서 점액층을 형성하여 아가미와 외계와의 방어적인 기능을 하는 것으로 사료된다.

기둥세포는 모세혈관을 지지하고 불규칙한 핵을 가지며, 핵 내부의 일부와 핵막 주변을 따라 전자밀도가 높은 이질 염색질이 존재한다(Fig. 5). 새판 모세혈관 내에서는 혈구세포들이 나타났으며, 새판 정단부에도 다수의 혈구세포들이 관찰되었다(Fig. 6).

가스교환에 관계되는 부분은 주로 편평상피와 기둥 세포로서, 이들 세포의 얇은 세포질테(cytoplasmic extension)가 환경수와 혈액간의 가스교환장소가 되며 일정한 호흡거리를 갖는다. 이같이 구성된 이차새변의 두께는 혈압과 호흡수압의 변동에 의하여 일정하게 유지된다고 하였다(Huh, 1993).

염류세포는 타원형으로 H-E, PAS 및 AB-PAS 염색 표본에서 모두 공포상으로 관찰된다. 핵 내부의 일부와 핵막 주변을 따라 전자밀도가 높은 이질 염색질이 존재한다. 세포질에는 주로 새편의 기저에 분포하고 기저의 핵과 밀집된 세포질 소낭, 확장되고 분리된 크리스테가 발달된 미토콘드리아가 대부분을 차지하고 있으며, tubular system이 전반적으로 고루 분포하였다(Fig. 7).

어류의 새편과 새편의 기부에 나타나는 염류세포는 해산경골어류에서 Na^+ 와 Cl^- 을 배설하는 곳으로서(Payan et al., 1984), 삼투조절 기능에 중요한 역할을 담당하고 있다(Keys & Willmer, 1932).

Kang et al.(1996)과 Yoon(2000)은 담수와 해수에 서식하는 개체의 아가미 미세구조를 Type I과 Type II의 2가지 형태: Type I의 특징은 전형적인 담수에 서식하는 개체에서 발견되는것으로서 전자밀도와 미토콘드리아의 수가 적은 세포질 구조를 가진 세포로 구성되어 있고, Type II의 특징은 전형적인 해수에 서식하는 개체로서 길고 타원형의 미토콘드리아를 갖는 세포질로 구성된 세포를 가진다고 보고하였다. 본 연구의 돌돔은 전형적인 해산어류로 Type II의 형태를 가지는 것으로 확인되었다.

점액세포는 난형 혹은 타원형으로 H-E 표본에서는 공포상으로 관찰되었으나 AB-PAS 표본에서는 푸른색으로 반응하였으며, 이들 세포는 단세포성 분비선의 전형인 배상세포(goblet cell)와 흡사한 형태로 관찰되었다. 미성숙된 점액세포의 분비소포들이 세포내 일부 나타났으나(Fig. 8), 성숙된 점액세포들의 분비소포들은 동글고 세포질의 대부분이 점액분비물로 충만되어 있었다(Fig. 9).

어류의 아가미는 포유류의 호흡기도와는 달리 수서 환경에서 가스 교환을 하기 때문에 수중에 있는 여러 가지 이물질, 세균 및 각종 화학적 자극에 대해서 아가미를 보호하는 구조적, 기능적 장치를 가지고 있다. 보

호장치 중에서 어류 점액세포는 아가미 상피 표면에 점액물질을 분비하여 점액층을 형성하는 세포로서 아가미 상피와 외계 환경수와의 사이에서 방어적 기능을 가지고 있다(Jakowska, 1963). 그리고 이 점액층을 통하여 CO_2 와 암모니아 배설, 이온조절 및 가스교환을 하게 된다(Handy & Eddy, 1991). 그러므로 어류 아가미의 표면은 점액으로 덮여 있고, 이 물질은 H^+ 를 흡수하는 이온교환물질로서 작용하며 완충기능을 하게 된다. Fletcher et al. (1976)은 각기 다른 환경에 서식하는 3종의 아가미 점액세포에서 점액구성물의 차이를 보고하였다. 해산어인 청어는 산성 점액과 중성점액을 거의 비슷하게 가지고 담수어의 무지개 송어와 기수에 서식하는 돌돔 종류는 산성 점액을 더 많이 함유한다고 보고하였다. 본 연구에서 돌돔의 점액분비세포는 산성의 당단백질을 함유하는 것으로 같은 결과를 보였다.

참 고 문 헌

- Andrew W, Hickman CP: Histology of the vertebrates. Mosby Co., Saint Louis, pp. 112-114, 1974.
- Chyung MK: The fishes of Korea. Ilji sa, Seoul, pp. 727, 1977.
- Fletcher TC, Jones R, Reid L: Identification of glycoproteins in goblet cells of epidermis and gill of plaice (*Pleuronectes platessa* L.), flounder (*Platichthys flesus* L.) and rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). Histochem J 8 : 597-608, 1976.
- Handy RD, Eddy FB: The absence of mucus on the secondary lamellae of unstressed rainbow trout, *Oncorhynchus mukiss* (Walbaum). J Fish Biol 38 : 153-155, 1991.
- Huh MD: The histological structure and the pathological lesions of gill in teleosts. J Fish Pathol 6(1) : 65-70, 1993.
- Jakowska S: Mucus secretion in fish - a note. Ann NY Acad Sci 106 : 458-462, 1963.
- Kang WS, Moon YH, Han JW, Kim HH: Apoptosis in chloride cells of killifish (*Orizias latipes*) gills adapted to the seawater. Korean J Electron Microscopy 26(3) : 369-377, 1996.
- Karlsson L: Gill morphology in the zebrafish, *Brachydanio rerio* (Hamilton Buchanan). J Fish Biol 23 : 511-524, 1983.
- Kendall MW, Dale JW: Scanning and transmission electron

- microscopic observations of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) gill. J Fish Res Board Can 36 : 1072-1079, 1979.
- Keys A, Willmer EN: Chloride secreting cells in the gill of fishes with special reference to the common eel. J Physiol Lond 76 : 368-377, 1932.
- Kim BS: Histological comparison of the organs of some fishes inhabiting in the different water area. Master thesis of Nat Fish Uni Busan, pp. 35, 1992.
- Kim HH, Chi YD, Moon YW, Kang WS: Ultrastructural changes of chloride cells of the guppy (*Poecilia reticulatus*) gill according to the environmental salinity. Korean J Zool 36 : 264-275, 1993.
- Laurent P, Dunel S: Morphology of gill epithelia in fish. Am J Physiol 238 : 147-159, 1980.
- Lee YC, Chang YJ, Lee BK: Osmoregulation capability of juvenile grey mullets (*Mugil cephalus*) with the different salinities. J Korean Fish Soc 30 : 216-224, 1997.
- Lubin RT, Rourke AW, Bradley TM: Ultrastructural alterations in branchial chloride cells of Atlantic salmon, *Salmo salar*, during parr-smolt transformation and early development in sea water. J Fish Biol 34 : 259-272, 1989.
- Mallat J: Fish gill structural changes induced by toxicants and other irritants: a statistical review. Can J Fish Aquat. Sci 42 : 630-648, 1985.
- Moon YW: Ultrastructural and histochemical changes of mucous cells in the gill epithelium of the seawater adapted guppy (*Poecilia reticulatus*). Korean J. Zool 38 : 570-580, 1995.
- Payan P, Girard JP, Mayer Gostan N: Branchial ion movements in teleosts: the roles of respiratory and chloride cells. In: Hoar WS, Randall DJ, ed, Fish Physiology, XB, pp. 36-63, Academic Press, New York, 1984.
- Perera KML: Ultrastructure of the primary gill lamellae of *Scomber australasicus*. J Fish Biol 43 : 45-59, 1993.
- Temmink JHM, Bouwmeester PJ, De Jong P, Van Den Berg JHJ: An ultrastructural study of chromate induced hyperplasia in the gill of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Aquat. Toxicol 4 : 165-179, 1983.
- Yoon JM: Ultrastructural change of osmoregulatory cells during seawater adaptation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Korean J Ichthyol 12(2) : 111-117, 2000.
- Zenker WGE, Ferguson HWI, Baeker K, Woodward B: Epithelial and pillar cell replacement in gills of juvenile trout, *Salmo gairdneri* Richardsin. Comp Biochem Physiol 86A : 423-428, 1987.

<국문초록>

돌돔 아가미의 미세구조를 광학현미경과 투과전자현미경을 이용하여 관찰하였다. 아가미는 새궁 앞, 뒤 2열로 된 빗모양의 많은수의 새엽과 그리고 각 새엽은 전후 두개의 새판(gill lamellae)이 근접하여 2열로 배열되어 있다.

상피세포층은 단층으로 큰 핵을 가진 편평상피로 구성되어 표면에는 미세융기가 잘 발달되어 있다. 새판의 기동구조는 새로 방향의 미세소관들과 측면 membrane interdigitation을 가지며, 염세포는 수많은 미토콘드리아와 tubular system이 잘 발달되어 있다. 미성숙된 점액세포는 조면세포체와 골지체가 잘 발달되었으며 일부 발달된 점액과립을 가지고 있다. 성숙한 점액세포는 AB-PAS에 푸른색을 띄었으며 구형이고 다양한 전자밀도를 가진 거의 같은 크기의 점액과립을 가지고 있다.

FIGURE LEGENDS

- Figs. 1-3.** Photomicrographs of the gill of the parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*.
- Fig. 1.** Longitudinal section of AB-PAS (pH 2.5). Gill consists of gill arch (Ga), gill filament (Gf) and gill lamellae (Gl).
- Fig. 2.** Longitudinal section of H-E stain showing the epithelial cell (Ec), mucous cell (Mc), chloride cell (Cc), pillar cell (Pc), capillary lumen and hemocyte (Hc).
- Fig. 3.** Section of PAS showing the mucous cell of PAS positive.
- Figs. 4-9.** Electron micrographs of the gill of the parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*.
- Fig. 4.** Microridges covered with glycocalyx (Gc) of the epithelial cell.
- Fig. 5.** Pillar cell. Note the some vacuoles and nucleus and intracellular organelles.
- Fig. 6.** Hemocyte (Hc) in the capillary of tip of gill lamellar.
- Fig. 7.** Chloride cell. Note the numerous mitochondria (Mt) in the cytoplasm.
- Fig. 8.** Immature mucous cell. Note the some of secretory granules (Sg).
- Fig. 9.** Mucous cell. Note the numerous membrane-bounded secretory granules (Sg).

