

양식산 돌돔, *Oplegnathus fasciatus* 소화관의 형태학적 구조 및 조직화학적 특징

김재원 · 최세민 · 백혜자¹ · 배승철*
부경대학교 사료영양연구소, ¹부경대학교 해양생물학과

The Morphological Structure and Histochemical Features of the Alimentary Tract in Parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*

Jae Won Kim, Se Min Choi, Hea Ja Baek¹ and Sungchul Bai*

Feeds & Foods Nutrition Research Center, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea
¹Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Using light microscopy, the digestive tract of the parrot fish, *Oplegnathus fasciatus* was studied histologically. The tract consists of esophagus, stomach, intestine and fifty or sixty pyloric caecae. Each pyloric caecum is a blind sac of banana shape, and is originated from pyloric end of the stomach. The relative length of gut (RLG), that is length of digestive tract to standard length, is 1.78 (n=30). Esophagus has an undeveloped submucosa and a well developed muscularis mucosae. Its mucosa displays primary and secondary folds lined with a cuboidal or columnar epithelium and numerous acidic mucous secretory cells. The stomach has muscularis, which consists of longitudinal and circular muscular layers; its submucosa and muscularis mucosae are well developed. Only primary folds are present in the stomach. Microvilli are present in the epithelial layer. The stomach has a well-developed gastric gland and relatively more secretory granules. Mucosal epithelium of the pyloric caeca is composed of neutral mucous secretory cells and columnar epithelium with developed microvilli in the apical portion. Using the morphological and histological features, the intestine may be divided into anterior, mid and posterior parts. It has an advanced striated border and abundant acidic mucous secretory cells and some neutral mucous secretory cells. The mid intestine has more abundant acidic mucous secretory cells than the anterior and posterior parts. A thick longitudinal muscle is formed in the intestine and its thickness is progressively increased towards the posterior end.

Keywords: Digestive tract, Histology, *Oplegnathus fasciatus*

서 론

어류가 차지하는 생태적 지위는 소화관의 다양한 조직형태에서 나타나며, 소화관은 다양한 기능을 성공적으로 수행하는 고등척추동물의 소화관보다 더 단순한 형태로 되어 있다. 어류의 소화관은 구강에서부터 항문까지 일련의 관을 형성하고, 먹이 섭취를 통한 체성장과 발달에 필요한 영양분의 소화·흡수라는 측면에서 중요한 기능을 담당하고 있다.

어류의 소화관에 관한 연구는 무지개송어, *Oncorhynchus mykiss* (Ezeasor and Stokoe, 1981), Luderick, *Girella tricuspidata* (Anderson, 1986), Flounder, *Platichthys flesus* (Jenkins et al., 1992)와 감성돔, *Acanthopagrus schlegeli* (Lee and Chin, 1999)의 조직화학적 연구에 관한 보고 등 많은 연구가 수행되었다.

이러한 연구에서 어류 소화관의 형태 및 내부 미세구조는 종에 따라 아주 다양하며, 이러한 다양성은 각 종이 독특한 먹이 섭취 및 소화생태를 가진다는 것을 의미한다. 한편으로 소화관의 조직학적 연구는 질병문제(Chen & Kumlin, 1989), 영양 스트레스(Kapoor et al., 1975), 환경 독성(Hall & Bellwood, 1995) 및 염분 변화에 따른 생리적 적응(Cataldi et al., 1987)을 평가하는 유용한 방법이다. 그러므로 현재 악화된 환경에 양식되고 있는 돌돔의 섭이 및 소화생태를 이해하기 위해서는 소화기관의 형태 및 내부구조의 조직학적 연구가 선행되어야 할 것이다.

돌돔, *Oplegnathus fasciatus*은 농어목, 돌돔과, 돌돔속에 속하는 어류로서 남중국 연해 및 일본의 전 연안과 우리나라 동서, 남해 연안에 널리 서식한다. 연안성 어류로서 성어는 갑각류와 성게 같은 극피동물을 즐겨 먹는 잡식성 어종이다(Chung, 1977).

따라서 이 연구의 목적은 양식산 돌돔의 소화생태에 관한 연구의 기초자료로 이용하기 위해 이들 성체 소화관의 형태 및 조

*Corresponding author: scbai@pknu.ac.kr

직화학적 특징을 관찰하였다.

재료 및 방법

연구에 사용한 실험어는 남해안 소재 육상수조식 양어장에서 25개월간 사육된 체장 18~25 cm의 돌돔 30개체로서 상업용 낚치 배합사료가 먹이로 사용되었다. 채집된 재료는 활어상태로 실험실로 옮겨 전장과 체장을 0.1 cm까지 계측한 후, 어체를 해부하여 식도에서 항문 말단까지의 소화관 길이를 0.1 cm까지 측정하여 체장에 대한 소화관 길이의 비(relative length of gut: RLG)를 구하였다.

조직표본제작을 위해 사용된 소화관은 Bouin's solution에 24시간 고정된 후, 외형적인 특징에 의해 여러 개의 작은 부분으로 구분하여 파라핀 포매법에 의하여 두께 5~6 μm 의 횡단면과 종단면의 연속절편을 만들었다. 제작된 조직표본은 Mayer's hematoxylin과 0.5% eosin (H-E)의 비교염색, Periodic Acid-Schiff 반응 및 Alcian Blue-Periodic Acid-Schiff (pH 2.5) 반응을 실시하였다.

결과 및 고찰

소화관의 외부 특징 및 RLG 형태

돌돔 소화관의 외부형태는 식도, 위, 장, 항문이 일련의 관을 이루고 있고, 전체적으로 지방 덩어리가 싸고 있다. 위의 유문부에서 유래된 50~60개 내외의 유문수가 많은 분지를 형성한 수상의 맹낭을 형성하고 있으며(Fig. 1), 돌돔의 RLG는 약 1.78 (1.26~2.30)이다.

어류의 소화관은 입을 시초로 하여 구강을 거쳐 식도에서 항문으로 구성되는 근육의 관으로 구성되며, 돌돔의 소화관의 외부형태는 이와 같은 전형적인 구조를 가지고 있다.

어류를 식성에 따라 초식성, 잡식성 및 육식성으로 나눌 때, 초식성 어류는 육식성어류보다 상대적인 장 길이가(2~21배) 더 길다고 보고하는데(Kapoor et al., 1975), 이것은 더 낮은 식물성 먹이의 소화율에 영양소 흡수율을 증대시키기 위한 대응으로 장의 길이가 길어진 것으로 생각된다. 어류의 RLG는 0.5~2.4, 잡식성은 1.3~4.2이고 초식성은 2.7~4.2이다(Al-Hussaini, 1949). 육식성인 뱀장어, *Anguilla japonica*는 0.46, 감성돔, *A. schlegelii*는 1.04이고 초식성인 milkfish, *Chanos chanos*는 8.5, 잡식성

인 잉어, *Cyprinus carpio*는 1.84~1.87 (Takeuchi, 1991)으로 보고되는데 돌돔의 체장에 대한 소화관의 상대적 길이의 비 1.26~2.30 (평균 1.78)은 같은 잡식성인 잉어와 비슷한 값을 나타내었다.

소화관의 부위별 내부구조 및 조직학적 특징

소화관의 조직층은 크게 4층으로 나눌 수 있는데 외부로부터 장막층, 근육층, 점막하층, 점막층으로 구성된다. 소화관의 부위별 내부구조 및 조직학적 특징은 다음과 같다.

식도(Esophagus)

식도의 점막주름은 넓고 긴 편이며, 내강쪽을 향하여 규칙적으로 배열되어 있다(Fig. 2-A). 점막하층은 근육층과 점막층 사이에 그물눈 모양의 소성 결합 조직층으로 혈관과 신경총이 다수 분포한다. 아주 치밀한 근섬유로 구성된 근육층이 잘 발달되어 있으며, 외부의 종주근층은 내강의 환상근층보다 더 얇게 발달되어 있고 장막층은 매우 얇게 나타난다(Fig. 2-B). 식도 전단부에서 점막 주름의 상피층은 입방상피 또는 원주상피로 구성되고 상피세포 사이에는 다수의 배상세포들이 분포하며, 점막상피의 자유면에서 미세융모는 관찰하기 힘들다. 점막상피층의 원주형 상피세포 사이에는 H-E 염색에서 공포상을 보이며(Fig. 2-C), AB-PAS에 강한 양성반응을 보이는 장경 20~30 μm 크기의 수 많은 산성의 점액세포들이 발달되어 있다(Fig. 2-D).

어류 식도의 점막상피는 중층상피로 이루어져 있으며, 다양한 크기의 먹이조각들로부터 식도내면을 보호하기 위해 식도 내강에 점액질을 분비하고 이들 점액질을 분비하는 점액세포들을 가지고 있다(Reifel and Travill, 1977). 동물체내에는 많은 점액선과 점액세포가 분포되어 있으며 점액세포의 분비물인 점액질은 화학적으로 중성점액질과 산성점액질로 나누고 있는데 (Sheahan and Jervis, 1976), 돌돔의 식도 점막 상피층에서는 미세 융모의 발달이 아주 미약하였으며, AB-PAS에 강한 양성 반응을 보이는 수많은 산성의 점액세포를 관찰 할 수 있었다.

위(Stomach)

위의 점막주름은 분지가 형성되지 않는 규칙적인 형태이고(Fig. 2-E), 점막하층을 구성하는 결합조직은 식도의 점막 하층보다 치밀한 구조이다. 위의 근육층은 외부로부터 종주근층, 환상근층으로 구성되고 바깥쪽의 종주근층은 내강의 환상근층보다 더 두껍게 발달되어 있으며, 장막은 식도에서와 마찬가지로 매우 얇은 편이다(Fig. 2-F). 점막층의 점막근층과 상피층은

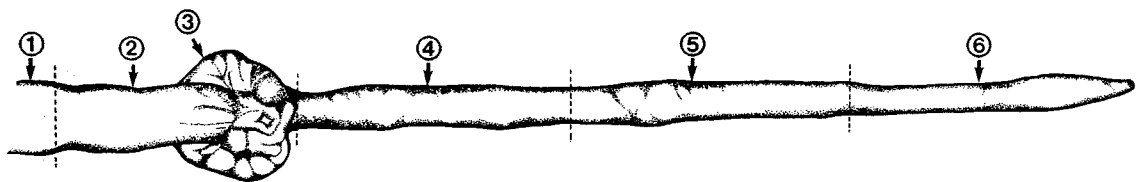


Fig. 1. Schematic diagram of the alimentary tract in *Oplegnathus fasciatus*.

① esophagus, ② stomach, ③ pyloric caeca, ④ anterior intestine, ⑤ mid intestine, ⑥ posterior intestine

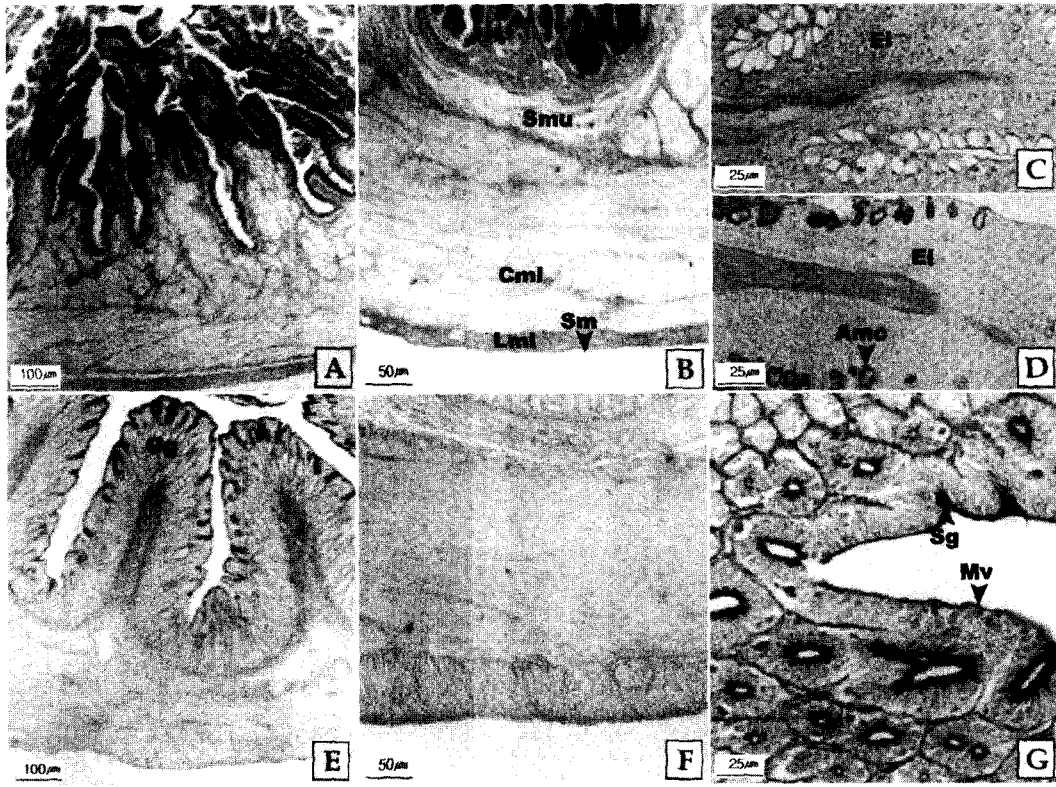


Fig. 2. Esophagus and stomach of parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. A, Mucosal folds in the esophagus; B, Tunica muscularis in the esophagus. Note the well-developed longitudinal and circular muscle layer; C and D, Mucosal epithelial layer in the esophagus. Note the well-developed acidic mucous secretory cells; E, Mucosal folds in the stomach; F, Tunica muscularis in the stomach; G, Mucosal epithelial layer in the stomach. Note the secretory granules and microvilli in the apical region. Abbreviations: Amc, acidic mucous secretory cell; Cml, circular muscle layer; El, epithelial layer; Gg, gastric gland; Lml, longitudinal muscle layer; Mf, mucosal fold; Mv, microvilli; Sg, secretory granules; Sm, serous membrane; Smu, submucosa.

잘 발달되어 있으며 상피층에는 pit, 상피 및 위선이 잘 발달되어 있다. 위의 점막상피의 자유면에서는 미세융모가 일부 관찰되지만, 선조연을 형성할 만큼 발달된 정도는 아니며, PAS에 양성반응을 보이는 당단백질 계통의 분비과립이 다수 관찰된다 (Fig. 2-G).

Reifel and Travill (1978)은 8종의 미국산 경골어류의 위체부 점막은 많은 위소와들이 형성되어 있으며, 표면 및 위소와 상피는 점액분비성인 단층원주상 세포로 되어 있고 고유판내에는 단관상선인 위선들로 차 있으며 위선은 위소와에 개구하고, 위선을 구성하는 세포는 등근형, 입방형 및 난형 등 여러모양을 하고 있다고 하였다. 이 연구에 사용한 돌돔에서도 상기의 경골어류 위체부 구조와 같은 형태를 하고 있었다. 단백질 계통의 소화효소로 보고되고 있는 (Chin et al., 1998) 위 점막상피 세포의 분비과립의 특징은 전자현미경적 연구 결과, 이들 세포의 세포질에는 조면소포체와 미토콘드리아가 잘 발달되어 있는 점과 분비과립의 전자밀도가 높은 점 등의 특징을 가지고 있다.

유문수(Pyloric caecum)

유문수의 점막 주름은 불규칙하고 점막층이 잘 발달되어 있는 반면에, 점막하층의 발달은 미미하다(Fig. 3-A). 근육층은 중

주근층과 환상근층 두 개의 층으로 구성되고 이들의 발달 정도는 비슷하며, 장막 층의 두께는 식도, 위와 비슷하다(Fig. 3-B). 상피세포는 원주형으로 정단면에는 짧은 미세 융모가 발달되어 있으며 상피세포 사이에는 PAS에 양성반응을 보이는 중성의 점액세포들이 관찰된다(Fig. 3-C).

경골어류의 유문수(pyloric caeca)는 위의 유문부와 장기부 사이에 있는 십이지장 계실(diverticulum of the duodenum)이며 장 길이의 연장없이 상피표면을 증가시키는 적응을 하는 것이다(Kent, 1992). 그리고 무위어류(stomachless fishes)에서는 유문수가 없으나 유위어류(stomach fishes)에서 유문수의 수는 종(species)과 속(genus)에 따라 특징적이고, 또는 어류에 따라 유문수가 분지 되지 않는것부터 분지되어 그 수가 1, 2, 3, 4개, 5~200개, 200이상 것으로 분류할 수 있다(Reifel and travill, 1978; Takeuchi, 1991).

돌돔은 위의 유문부 발달에서 유래된 50~60 개의 유문수를 가지는데, 이처럼 유문수가 있는 어종으로 감성돔, *A. schlegeli*는 4~5개(Lee & Chin, 1999), 조피볼락, *Sebastes schlegli*은 10~11개(Chin et al., 1998) 그리고 luderick, *G. tricuspidata*은 100~150개(Anderson, 1986)로서 다양하게 가지는 것으로 보고되고 있다.

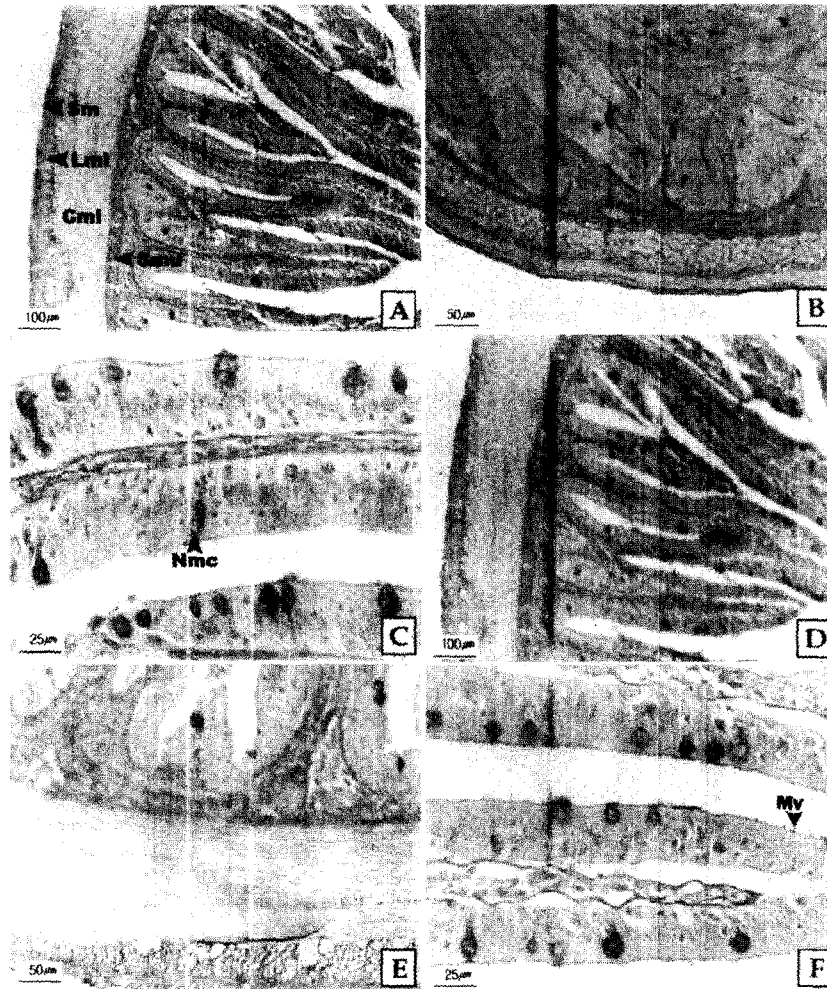


Fig. 3. Pyloric caecum and anterior intestine of parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. A, Mucosal folds in the pyloric caecum; B, Tunica muscularis in the pyloric caecum; C, Mucosal epithelial layer in the pyloric caecum. Note the well-developed neutral mucous secretory cells; D, Mucosal folds in the anterior intestine; E, Tunica muscularis in the anterior intestine; F, Mucosal epithelial layer in the anterior intestine. Abbreviations: Cml, circular muscle layer; Lml, longitudinal muscle layer; Mf, mucosal fold; Mv, microvilli; Nmc, neutral mucous secretory cell; Sm, serous membrane; Smu, submucosa.

장(Intestine)

장은 전체 소화관 길이의 거의 80% 이상을 차지하며, 위에 연결된 관으로 어류에서는 그 경계가 명확하지 않지만 점막 주름의 형태, 근육층의 두께, 그리고 상피층의 염색상태에 따른 세포의 분포 양상에 따라 전장, 중장, 후장의 세 부분으로 나눌 수 있다.

① 전장부

전장의 점막 주름은 유문수와 비슷하며, 식도보다는 더 규칙적이다(Fig. 3-D). 근육층은 식도와 위에 비해 두께가 감소하지만 유문수와 비슷하였다(Fig. 3-E). 상피 세포층은 원주상피로 구성되고 선조연이 유문수와 거의 비슷하게 발달되고, PAS에 양성 반응을 나타내는 중성의 점액세포가 일부 관찰되며, AB-PAS에 양성 반응을 보이는 산성의 점액세포들이 대부분을 차지한다(Fig. 3-F).

② 중장부

중장에서 점막 주름의 크기와 전체적인 배열은 전장과 유사하다(Fig. 4-A). 장막층이 전장에 비해 약간 더 주름져 있고 중장에서 근육층의 두께는 전장과 비교하여 두꺼우며, 다른 부위에 비해 환상근층만큼 종주근층이 발달된 상태를 보인다(Fig. 4-B). 상피 세포층은 원주 상피로 구성되고 전장보다 더 발달된 선조연을 볼 수 있다. PAS에 양성 반응을 보이는 중성의 점액세포들이 유문수와 비슷하며, AB-PAS에 양성 반응을 보이는 산성의 점액세포 출현 빈도는 소화관의 모든 부위중에서 가장 현저하다(Fig. 4-C).

③ 후장부

후장의 점막주름은 중장과 비슷하게 관찰된다(Fig. 4-D). 장막층은 다른 조직에 비해 약간 더 주름져 있고 근육층의 두께는 중장과 비교하여 두꺼우며, 종주근층이 더 발달된 상태를 보인다(Fig. 4-E). 상피 세포층은 장의 다른 부위와 마찬가지로 원주 상피로 구성되고 중장과 비슷한 선조연의 발달을 볼 수 있

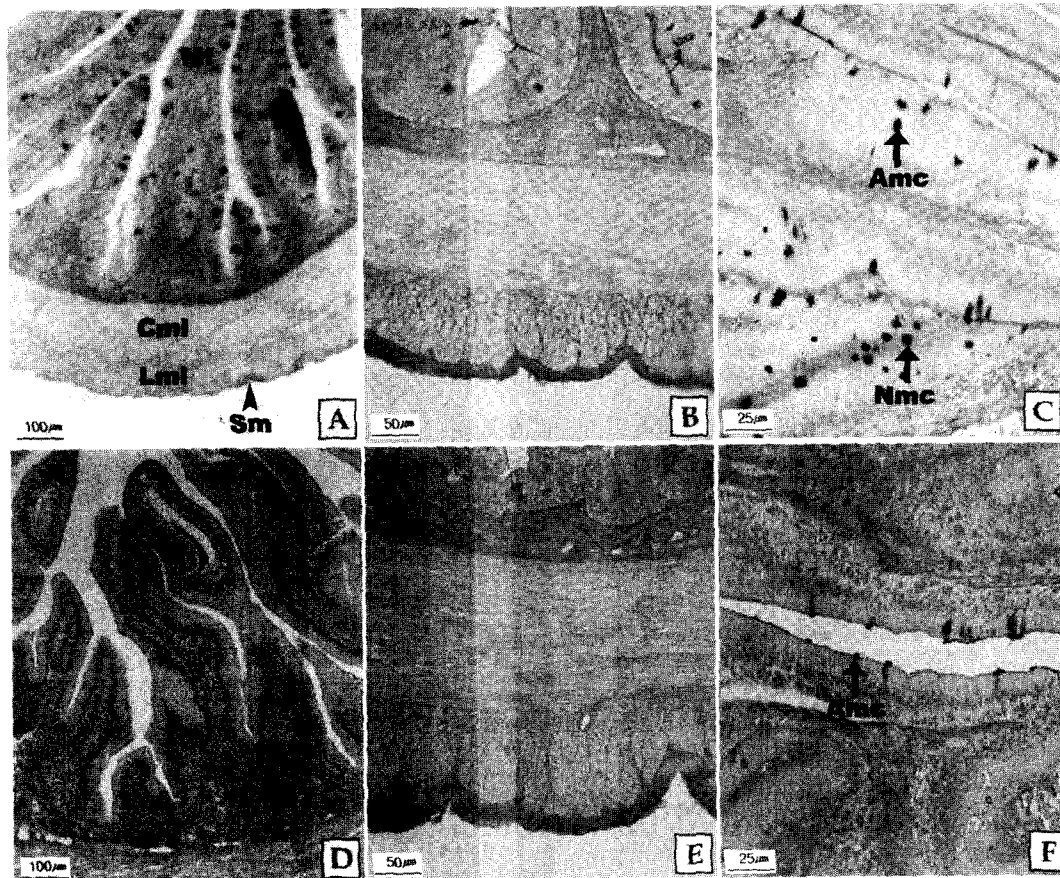


Fig. 4. Mid and posterior intestine of parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. A, Mucosal folds in the mid intestine; B, Tunica muscularis in the mid intestine; C, Mucosal epithelial layer in the mid intestine. Note the acidic and neutral mucous secretory cells; D, Mucosal folds in the posterior intestine; E, Tunica muscularis in the posterior intestine; F, Mucosal epithelial layer in the posterior intestine. Abbreviations: Amc, acidic mucous secretory cell; Cml, circular muscle layer; Lml, longitudinal muscle layer; Mf, mucosal fold; Mv, microvilli; Nmc, neutral mucous secretory cell; Sm, serous membrane; Smu, submucosa.

다. 상피세포층에는 AB-PAS에 양성반응을 보이는 산성의 점액 세포가 일부 관찰되며 출현빈도가 증장에 비해 많이 줄어든다 (Fig. 4-F).

경골어류의 장은 대부분의 척추동물의 장과 같이 소화에 필요한 물질과 장내면을 윤택하게 해주기 위해 배상세포에서 점액질을 분비하고 있으며, 몇몇 경골어류의 장은 호흡기능과 정수기능도 가지고 있다(Reifel and Travill, 1979; Jo et al., 1984).

Reifel and Travill (1979)은 10종의 미국산 경골어류를 대상으로 소화관을 관찰한 결과 장점막 주름은 전장부에서 가장 복잡하게 발달되어 있고 후장부로 갈수록 점막주름이 낮아지고 덜 발달되어 있으며, 상피는 단층원주상피세포로 덮여 있고 원주세포 사이사이에 점액을 분비하는 세포들이 섞여 있다고 하였다. 또한 점액분비세포는 점막주름의 저부나 상부보다는 중간부에 많이 나타나며 핵은 세포의 기저부에 위치하고 있고 기저막은 동물종에 따라 뚜렷이 발달된 어류와 더 발달된 어류도 있다고 하였다. 하지만 이 연구에서 돌돔은 전장부와 증장부의 점막주름은 큰 차이를 볼 수 없지만 후장부에서 덜 발달되어 있는 것을 볼 수 있다.

요 약

돌돔, *Oplegnathus fasciatus*의 소화관은 식도, 위, 장 및 항문이 일련의 관을 이루고 있고, 전체적으로 지방 덩어리가 싸고 있다. 어체 체장에 대한 식도에서 항문까지의 소화관 길이의 비(relative length of gut: RLG)는 일반적인 잡식성 어류와 비슷한 평균 1.78 (n=30)의 값을 가진다. 식도는 근육층이 잘 발달되어 있으며, 점막주름의 상피층은 입방상피 또는 원주상피로 구성되고 상피세포 사이에는 다수의 산성 점액분비세포들이 분포하며, 상피세포의 정단부에서 미세융모의 관찰은 어렵다. 위의 근육층은 외부로부터 종주근, 환상근층으로 구성된다. 위의 점막주름은 규칙적인 형태로서 상피층에는 pit, 상피 및 위선이 아주 잘 발달되어 있으며, 점막상피 세포질의 정단부에서는 영양분 흡수계통의 물질들이 관찰된다. 50-60개의 유문수를 가지는 돌돔 유문수의 점막상피층에서는 원주형의 상피세포와 중성의 점액분비세포들이 관찰되며, 상피세포의 정단면에는 미세융모가 발달되어 있다. 장의 점막상피층에서는 원주상피세포와 중성과 산성의 점액분비세포들이 관찰되며, 종주근층의 두

깨가 전장, 중장, 후장으로 갈수록 두꺼워진다. 산성의 점액분비세포의 출현빈도는 중장부에서 가장 발달된 양상을 보이며 후장부로 갈수록 감소하는 경향을 보인다.

참고문헌

- Al-Hussaini, A.H., 1949. On the functional morphology of the alimentary tract of some fish in relation to differences in their feeding habits: anatomy and histology. *Quart. J. Microscop. Sci.*, **90**: 109-139.
- Anderson, T.A., 1986. Histological and cytological structure of the gastrointestinal tract of the luderick, *Girella tricuspidata* (Pisces, Kyphosidae), in relation to diet. *J. Morph.*, **190**: 109-119.
- Cataldi, E., S. Cataudella, G. Monaco, A. Rossi and L. Tancioni, 1987. A study of the histology and morphology of the digestive tract of the sea-bream, *Sparus aurata*. *J. Fish Biol.*, **30**: 135-145.
- Chen, M.F. and M.E. Kumlin, 1989. Enteric septicemia of channel catfish in California. *Califor. Fish and Game*, **75**: 141-147.
- Chin, P., J.S. Lee, Y.K. Shin and H.G. Kim, 1998. Biological study on the increment of survival rate during early life cycle in the rockfish, *Sebastes schlegeli* (Teleostei: Scorpaenidae). III. Ultrastructure of the adult digestive tract. *Kor. J. Ichthyol.*, **10**: 115-127 (in Korean).
- Chung, M.K. 1977. The fishes of Korea. Ilji-sa Pub Co, Seoul, 727 pp. (in Korean)
- Ezeasor, D.N. and W.M. Stokoe, 1981. Light and electron microscopic studies on the absorptive cells of the intestine, caeca and rectum of the adult rainbow trout, *Salmo gairdneri* Rich. *J. Fish Biol.*, **18**: 527-544.
- Hall, K.C. and D.R. Bellwood, 1995. Histological effects of cyanide, stress and starvation on the intestinal mucosa of *Pomacentrus coelestis*, a marine aquarium fish species. *J. Fish Biol.*, **47**: 438-454.
- Jenkins, P.G., A.L. Pulsford and J.E. Harris, 1992. Microscopy of the absorptive cells and gut associated lymphoid tissue of the flounder, *Platichthys flesus*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **72**: 553-567.
- Jo, U.B., B.S. Kim, I.J. Chai, S.Y. Back and I.S. Shin, 1984. Histochemical properties of mucosubstances on the intestinal mucose cells in the teleosts. *J. Sci., Pusan National Uni.*, **37**: 317-327 (in Korean).
- Kapoor, B.G., H. Smit and I.A. Verighina, 1975. The alimentary canal and digestion in teleosts. (in) *Advances in Marine Biology*, (ed) F.S. Russell, Academic press, London, pp. 109-239.
- Kent, G.C., 1992. Comparative anatomy of the vertebrates. Mosby year book, St. Louis, pp. 399-406.
- Lee, J.S. and P. Chin, 1999. Morphology and histology of the digestive tract of the black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*. *J. Korean Fish. Soc.*, **32**(5): 642-648 (in Korean).
- Reifel, C.W. and A.A. Travill, 1977. Structure and carbohydrate histochemistry of the intestine in ten teleostean species. *J. Morph.*, **152**: 303-314.
- Reifel, C.W. and A.A. Travill, 1978. Structure and carbohydrate histochemistry of the stomach in eight species of teleosts. *J. Morph.*, **158**: 155-168.
- Reifel, C.W. and A.A. Travill, 1979. Structure and carbohydrate histochemistry of the intestine in ten teleostean species. *J. Morph.*, **162**: 343-360.
- Sheahan, D.G. and H.R. Jervis, 1976. Comparative histochemistry of gastrointestinal mucosubstances. *Am. J. Anat.*, **146**: 103-117.
- Takeuchi, T., 1991. Digestion and nutrition. (in) *Fish physiology*, (ed) Itazawa, Y. and I. Hanyu, Koseisha-Koseikaku, Tokyo, pp. 67-101 (in Japanese).

원고접수 : 2004년 4월 21일

수정본 수리 : 2004년 6월 18일

책임편집위원 : 강덕영