

## 감성돔 (*Acanthopagrus schlegeli*) 소화관의 구조 및 조직학적 특징

이정식 · 진 평\*

여수대학교 어병학과 · \*부경대학교 해양생물학과

### Morphology and Histology of the Digestive Tract of the Black Sea Bream, *Acanthopagrus schlegeli*

Jung Sick LEE and Pyung CHIN\*

Department of Fish Pathology, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea

\*Department of Marine Biology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

The digestive tract of the black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli* is composed of esophagus, stomach, intestine, anus and four or five pyloric caeca. Pyloric caecum is a blind sac in shape and originated from pyloric portion of the stomach. Relative length of gut (RLG), that is length of digestive tract to standard length, is 1.04 (n=10). Histological layer of the digestive tract is composed of serous membrane, muscular layer, undeveloped submucosal layer and mucosal layer. The mucosal folds of the esophagus are regular branched form. Esophageal muscularis mucosae is well-developed. Mucosal epithelial layer is composed of cuboidal or columnar epithelium and mucous secretory cell. Microvilli are absent in the free surface of mucosal epithelium. The mucosal folds of the stomach are regular unbranched form. The stomach has a well-developed muscular layer and muscularis mucosae. Microvilli are present in the free surface of mucosal surface epithelium. The fundic portion of the stomach have a well-developed gastric gland and more numerous secretory granules than the other parts. The mucosal folds of the pyloric caeca and the intestine are irregular branched form. Intestine is divided into the anterior, mid and posterior intestines with length of mucosal folds and histological features. Posterior intestine has a more developed striated border and goblet cells than the other parts. Mid intestine has a more abundant absorptive cells than the other parts in the intestine and pyloric caeca.

Key words: *Acanthopagrus schlegeli*, digestive tract, RLG, histology

#### 서 론

어류의 소화관은 다른 척추동물과 마찬가지로 먹이를 통한 체 성장에 필요한 영양분의 소화 흡수라는 측면에서 아주 중요한 기능을 담당하고 있는데, 경골어류의 소화관은 섭이형태 및 계통학적인 형태·구조적 특징의 다양성 때문에 많은 연구자들의 연구 대상이 되어왔다.

경골어류의 소화관의 형태 및 구조에 관한 연구는 무지개송어, *Salmo gairdneri* (Ezeasor and Stokoe, 1981), luderick, *Girella tricuspidata* (Anderson, 1986), sea bream, *Sparus aurata* (Cataldi et al., 1987), green sunfish, *Lepomis cyanellus* (Williams and Nickol, 1989), black mollie, *Poecilia* spp. (Tomas and Hrubec, 1990), amberjack, *Seriola dumerili* (Grau et al., 1992), flounder, *Platichthys flesus* (Jenkins et al., 1992), 망상어, *Ditrema temmincki* (Lee and Chin, 1995), 조피볼락, *Sebastes schlegeli* (Chin et al., 1998) 그리고 점농어, *Lateolabrax* sp. (Lee et al., 1998) 등에 관한 많은 보고가 있다.

이러한 연구에서 어류 소화관의 형태 및 내부 미세구조는 종에 따라 아주 다양하며, 이러한 다양성은 각 종이 독특한 식성 및 소화생리를 가진다는 것을 의미한다. 그러므로 어류의 식성 및 소화생리를 이해하기 위해서는 소화기관의 형태 및 내부구조의 조직학적 연구가 선행되어야 할 것이다.

따라서 본 연구는 감성돔의 소화생리에 관한 연구와 자치어의 소화관 분화·발달을 기재하는데 기초자료로 이용하기 위해 이들 성체 소화관의 내부구조 및 조직학적인 특징을 조사한 것이다.

#### 재료 및 방법

본 연구에는 전장 20.0~35.0 cm의 자연산 감성돔 10개체가 사용되었다. 채집한 재료는 전장과 체장을 0.1 cm까지 계측한 후, 소화관을 적출하여 식도에서 항문 말단까지의 소화관 길이를 0.1 cm까지 측정하여 체장에 대한 소화관 길이의 비 (RLG: relative length of gut)를 구하였다. 그 다음 소화관의 외부형태를 기재한 후, 절개하여 내부형태를 해부현미경을 통하여 기재하였다.

소화관은 광학현미경 조직표본 제작을 위해 Bouin's solution에 일정시간 고정된 후, 외형적인 특징에 의해 여러 개의 작은 부분으로 구분하여 파라핀 절편법에 의하여 두께 5~6 μm의 횡단면과 종단면의 연속절편을 만들었다. 조직표본은 Mayer's hematoxylin 과 0.5% eosin (H-E)의 비교염색과 Mallory 삼중염색 그리고 periodic acid-Schiff (PAS) 반응을 실시하였다.

#### 결과 및 고찰

##### 1. 소화관의 외부특징 및 RLG

감성돔 소화관은 외형적인 특징에 의해 크게 식도, 위, 유문수, 장으로 나눌 수 있었다. 유문수는 위의 유문부와 장 사이에서 위로 돌출된 맹낭형태로 4~5개였다.

이러한 유문수는 어종에 따라 다소의 형태적 차이가 있지만, luderick은 100~150개 (Anderson, 1986), sea bream은 4개 (Cataldi et al., 1987), green sunfish는 7개 (Williams and Nickol, 1989), 조피볼락은 10~11개 (Chin et al., 1998) 그리고 점농어는 17~

18개 (Lee et al., 1998)로 보고되고 있다.

감성돔의 RLG는 1.04 (n=10)였다. Takeuchi (1991)는 어류의 RLG를 식성과 비교하였는데, 육식성인 뱀장어, *Anguilla japonica*는 0.46, *Channa maculatus*는 0.57, *Clarias fuscus*는 0.68, *Gobio gobio*는 0.68~0.85, 잡식성인 *Rutilus rutilus*는 1.0~1.09, 잉어, *Cyprinus carpio*는 약 1.85, 초식성인 *Ctenopharyngodon idella*는 2.16, *Hypophthalmichthys molitrix*는 5.28, *Sarotherodon mossambicus*는 6.29, *Chanos chanos*는 8.5로 보고되고 있다. 그리고 또 다른 연구에서 망상어는 0.89 (Lee and Chin, 1995), luderick은 1.9~2.9 (Anderson, 1986), 조피볼락은 1.56 (Chin et al., 1998), 점농어는 0.79 (Lee et al., 1998)로 보고되고 있어 감성돔은 비록 갑각류를 주로 먹는 육식성 (Huh and Kwak, 1998)이지만 이들의 RLG는 잡식성인 *R. rutilus*와 유사하다.

2. 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 Table 1에 요약하였으며, 다음과 같이 설명할 수 있다.

1) 식도 (Esophagus)

식도의 점막주름은 넓고 긴 편이며, 내강쪽을 향하여 규칙적으로 분지를 형성하며 배열되어 있다 (Fig. 1, A). 식도의 장막층은 매우 얇게 나타나며, 근육층은 아주 치밀한 근섬유로 내강쪽의 환상근층과 바깥쪽의 종주근층으로 구성되어 있다. 근육층과 점막층 사이의 점막하층은 아주 얇게 나타나며, 점막층 가운데 점막근층은 매우 잘 발달되어 있다 (Fig. 1, B).

식도 점막주름의 상피층은 입방형 또는 키작은 원주형 상피세포로 구성되며, 점막상피의 자유면 (free surface)에서 미세융모는 관찰하기 힘들다. 점막상피층의 원주형 상피세포 사이에는 Mallory 삼중염색에서 푸르게 반응하며 (Fig. 1, C), PAS에 강한 양성 반응을 보이는 장경 20~30 μm 크기의 점액분비세포들이 발달

되어 있다 (Fig. 1, D).

식도의 주 기능은 먹이의 수송으로 어류는 이 기능을 효율적으로 수행하기 위하여 특징적인 구조를 발달시킨다. 차넬메기, *Ictalurus punctatus* (Sis et al., 1979), *Perca fluviatilis* (Hirji, 1983) 및 조피볼락 (Chin et al., 1998)의 경우 식도 점막상피층에서는 미세융모의 발달이 아주 미약한 반면, 점액분비세포와 근육층의 발달을 보인다. 감성돔의 경우도 점막상피층에서 점액분비세포의 발달은 현저하다. 하지만 근육층의 발달은 일반적인데 비해 점막근층이 발달된 상태로서 이는 식도의 기능을 효율적으로 수행하기 위한 보완적인 구조적 특징으로 생각된다.

2) 위 (Stomach)

감성돔 위의 점막주름은 분지가 형성되지 않은 규칙적인 형태이다 (Fig. 1, E). 장막은 식도에서와 마찬가지로 매우 얇은 편이고, 근육층은 주로 바깥쪽의 종주근층과 안쪽의 환상근층으로 이루어지며 사주근층의 발달은 매우 미약하다. 점막하층은 식도와 마찬가지로 발달이 매우 미약하지만, 점막층의 점막근층과 상피층은 잘 발달되어 있다 (Fig. 1, E).

감성돔 위의 점막상피층에는 pit, 상피 그리고 관상이며 중앙에는 내강의 형성이 뚜렷한 위선이 아주 잘 발달되어 있다 (Fig. 1, E). 위의 점막상피는 원주형으로 세포질 상부에서는 Mallory 삼중염색에서 푸르게 반응하며 (Fig. 1, G), PAS에 양성반응을 보이는 당단백질 계통의 분비과립이 다수 관찰되었다 (Fig. 1, H). 이와 같은 위선과 분비과립은 유문부 (pyloric portion)로 넘어가면서 감소하는 경향이 뚜렷했다 (Fig. 1, F). 감성돔과 마찬가지로 channel catfish (Sis et al., 1979), sea bream (Cataldi et al., 1987), 조피볼락 (Chin et al., 1998) 및 점농어 (Lee et al., 1998)에서 위선은 주로 위의 체부 (fundic portion)에 가장 많이 분포하는 것으로 보고되어 있다. 하지만 luderick의 경우에는 분문부 (cardiac portion)에 해당하는 앞쪽 부분에 관상의 위선이 가장 많이 분포한다고 보고되고 있어 (Anderson, 1986), 위선의 분포 양상도 종에 따라 다소 차이가 있는 것으로 판단된다. 위 점막상피세포의

Table 1. Morphological and histological features of the digestive tract of the black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*

	Mucosal fold		Muscular layer	Submucosal layer	Muscularis mucosal layer	Striated border	PAS positive cell		
	Length	Morphology					Mucous secretory cell	Absorptive cell	
Esophagus	++++	branched · regular	++++	+	+++++	-	+++++	-	
Stomach	Cardiac portion	++++	unbranched · regular	++++	+	++++	+	++	-
	Fundic portion	++++	unbranched · regular	++++	+	++++	+	++	-
	Pyloric portion	++++	unbranched · regular	++++	+	++++	+	+	-
Pyloric caeca (4~5)	Proximal portion	+	branched · irregular	+	+	+	+++	++	++
	Distal portion	+	branched · irregular	+	+	+	+++	++	++
Intestine	Anterior intestine	+++	branched · irregular	++	+	+++	++++	++	+++
	Mid intestine	++	branched · irregular	+	+	+	+++	+++	++++
	Posterior intestine	++	branched · irregular	++	+	++	++++	++++	++++

“+” indicates relative degree of development

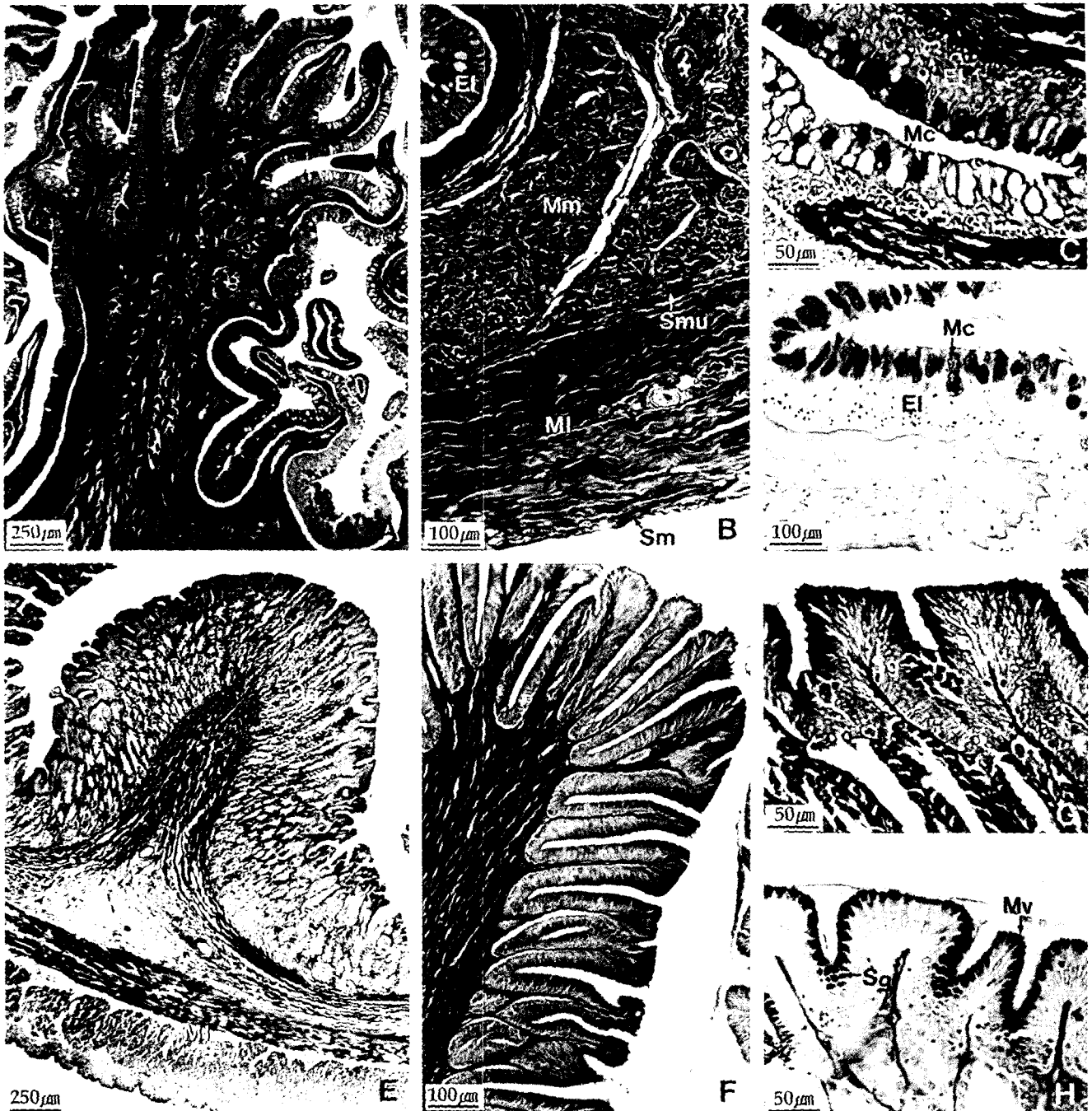


Fig. 1. Photomicrographs of the digestive tract of the black sea bream, *Acanthopagrus schlegelii*. A. Mucosal fold of esophagus. B. Cross section of esophagus. Note the well-developed muscularis mucosae. C and D. Mucosal epithelial layer of esophagus. Note the well-developed mucous secretory cell. E. Mucosal fold of fundic stomach. F. Mucosal fold of pyloric stomach. G and H. Mucosal epithelial layer of fundic stomach. Note the secretory granules and microvilli in the apical region. EI: epithelial layer, Gg: gastric gland, Mc: mucous secretory cell, MI: muscular layer, Mm: muscularis mucosae, Mv: microvilli, Sg: secretory granules, Sm: serous membrane, Smu: submucosa.

분비과립에 관해서는 Iudrick (Anderson, 1986)과 조피볼락 (Chin et al., 1998)에서도 보고되고 있는데, 전자현미경적 연구결과 이들 세포의 세포질에는 조면소포체와 미토콘드리아가 잘 발달되어 있는 점과 분비과립의 전자밀도가 높은 점 등의 이유로 이들 물질은 단백질 계통의 소화효소로 보고하고 있다.

위의 분문부, 체부, 유문부 점막상피의 자유면에서는 미세융모가 관찰되지만, 선조연을 형성할 만큼 발달된 정도는 아니다 (Fig. 1, G, H). 일반적으로 경골어류의 위 점막상피층의 자유면에서 미세융모의 발달에 관한 보고는 찾아보기 어려우나, *Tilapia nilotica*의 경우에는 미세융모가 잘 발달되어 선조연을 형성하는 경우도

보고되어 있다 (Osman and Caceci, 1991).

위의 소화기관은 크게 기계적인 소화작용과 화학적인 소화작용으로 구분된다. 전자의 경우는 근육층과 점막근층의 발달여하에 따라 그 정도가 달라지며, 후자의 경우는 위선의 발달정도에 따라 기능수행 정도가 달라진다.

일반적으로 위의 근육층은 소화관의 다른 부위와는 달리 종주근층, 사주근층, 환상근층의 세층으로 잘 발달되어 있는데, 이와

같은 근육층의 발달은 위의 연동운동을 효과적으로 수행하기 위한 구조적 발달로 볼 수 있을 것이다. 하지만 감성돔의 경우 위의 사주근은 미발달된 상태지만 점막근층이 발달되므로 사주근의 기능을 보완해주는 것으로 생각되며, 이와 같은 근육층의 발달 양상은 channel catfish (Sis et al., 1979) 그리고 점농어 (Lee et al., 1998) 와 유사하다.

소화관의 조직학적인 측면에서 근육층은 발달되었으나, 점막

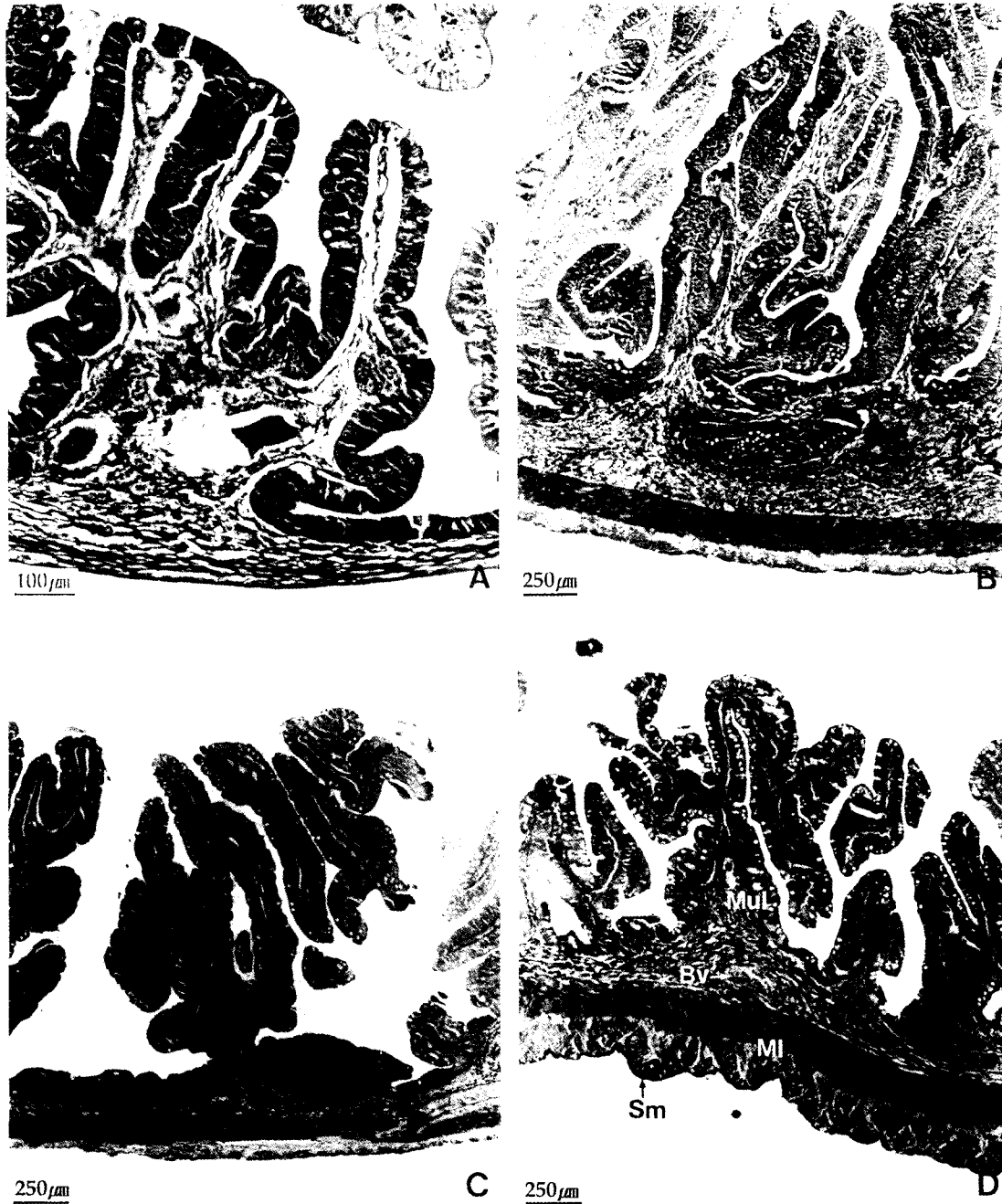


Fig. 2. Photomicrographs of the digestive tract of the black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*. A. Internal morphology of pyloric caecum. Mucosal folds are branched and irregular form. B. Internal morphology of anterior intestine. C. Internal morphology of mid intestine. D. Internal morphology of posterior intestine. Bv: blood vessel, Ml: muscular layer, Mul: mucosal layer, Sm: serosa membrane.

근층이 미발달된 경우에는 다량의 부드러운 먹이의 기계적 소화  
적합하다. 반대로 점막근층은 발달되어 있으나, 근육층이 미발달된  
경우에는 소량의 단단한 먹이의 기계적 소화  
적합하다. 따라서  
감성돔의 식도 및 위의 근육층 발달 그리고 특히, 점막근층의 현  
저한 발달양상은 단단한 먹이를 일시에 다량으로 소화하기에 적  
당한 구조로 생각된다.

감성돔의 위에서 위선의 분포는 체부에서 가장 높고 유문

부로 가면서 현저히 감소하는 경향을 보이고 있어, 위의 화학적인  
소화에 필요한 소화효소는 주로 체부에서 분비되는 것으로 판단  
된다.

### 3) 유문수 (Pyloric caecum)

유문수의 점막주름은 분지를 형성하는 불규칙한 형태인데, 이러  
한 형태는 유문수의 기저부와 말단부 모두에서 유사하게 나타났  
다. 점막주름의 길이는 장보다 짧은 것으로 조사되었다. 장막층은

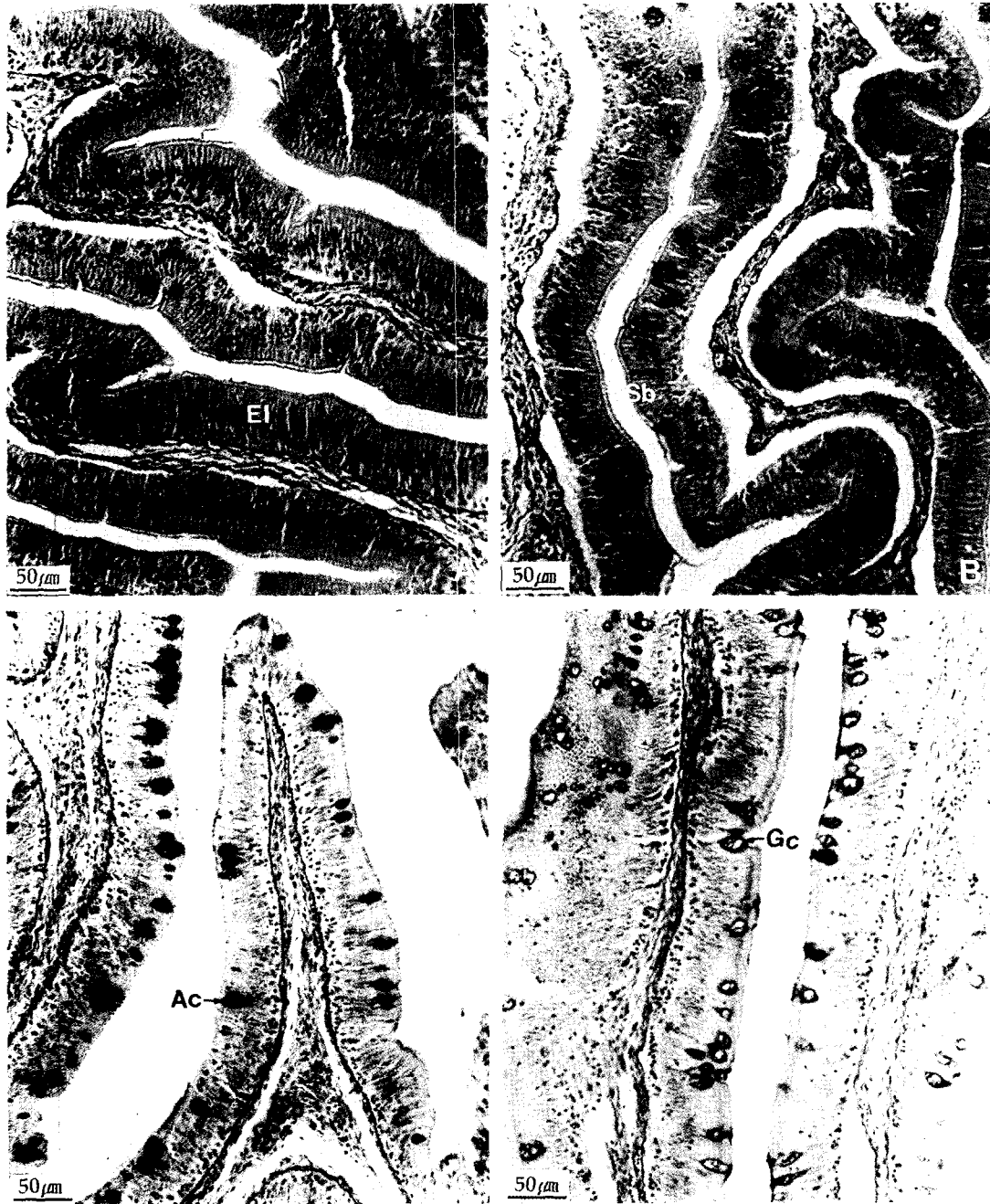


Fig. 3. Photomicrographs of the digestive tract of the black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*. A. Mucosal epithelial layer of pyloric caecum. B. Mucosal epithelial layer of anterior intestine. C. Mucosal epithelial layer of mid intestine. Note the well-developed absorptive cell. D. Mucosa epithelial layer of posterior intestine. Note the well-developed striated border. Ac: absorptive cell, El: epithelial layer, Gc: goblet cell, Sb: striated border.

구분하기 어려울 정도로 얇으며, 근육층의 발달정도도 매우 미약했다. 점막하층과 점막근층의 발달은 아주 미비한 반면, 점막상피층은 잘 발달되어 있었다 (Fig. 2, A).

유문수의 상피층은 주로 원주상피세포로 구성되는데, 상피세포의 자유면에는 PAS에 양성반응을 보이는 다수의 미세융모가 발달된 선조연이 관찰된다. 원주상피 사이에는 반응정도에서 다소의 차이는 있지만 PAS에 양성반응을 보이는 배상세포와 흡수세포들이 관찰되며 (Fig. 3, A), 유문수에서 흡수세포의 분포정도는 기저부와 말단부에서 유사하게 나타났다.

유문수와 장에서 관찰되는 흡수세포와 배상세포라고 불리는 점액분비세포에 관해서는 무지개송어 (Ezeasor and Stokoe, 1981), green sunfish (Williams and Nickol, 1989), flounder (Jenkins et al., 1992) 및 조피볼락 (Chin et al., 1998) 등의 어류에서 비교적 상세히 언급되고 있다. 이러한 보고에서 이들 두 세포의 전자현미경적 차이는 세포의 형태, 세포소기관의 차이, 미세융모의 유무, 음세포체 및 분비과립의 유무 등을 언급하고 있으며, 광학현미경적 관찰에서는 미세융모의 유무, 세포의 크기, PAS 반응 결과 크고 작은 공포의 유무 등으로 구분하고 있다. 감성돔의 경우 광학현미경하에서 흡수세포는 배상세포와 비교해 볼 때, 미세융모의 발달, PAS에 높은 양성반응, 세포질에 작은 다수의 공포 함유 그리고 세포의 크기가 크다는 특징을 가진다. 하지만 본 연구에서 이들 세포의 물질 선택성에 대해서는 결론을 내릴 수 없었으며, 이를 위해서는 추후 전자현미경 및 세포화학적 방법을 이용한 연구가 필요하리라 생각된다.

#### 4) 장 (Intestine)

장은 외부형태, 점막주름의 형태와 길이, 근육층의 두께, 상피층의 발달정도 등 내부구조에 의해서 크게 전장부, 중장부, 후장부로 구분할 수 있었다.

전장부의 경우 점막주름은 불규칙한 형태로서, 분지의 형성이 뚜렷하였다. 점막주름의 길이는 유문수와 장 전체 중에서 가장 길었다. 근육층의 발달은 외부의 종주근층에 비하여 내부의 환상근층이 다소 발달되어 있다. 점막하층은 구분하기 어려울 정도로 발달이 미약하였다 (Fig. 2, B). 점막근층은 아주 잘 발달되어 있으며, 점막상피층은 주로 원주상피로 구성된다. 배상세포의 분포정도는 유문수와 유사하지만, 상피층 선조연의 발달정도와 흡수세포의 분포정도는 유문수 보다 다소 높게 나타났다 (Fig. 3, B).

중장부의 점막주름도 불규칙한 형태로서 분지의 형성이 뚜렷하였다. 근육층은 내강쪽의 환상근층이 외부의 종주근층에 비하여 다소 발달되어 있다. 점막하층은 전장부와 유사하지만, 점막근층은 전장부에 비해 매우 미약한 편이다 (Fig. 2, C). 점막상피층의 선조연의 발달은 장 부위 가운데 가장 낮지만 유문수와는 유사한 정도로 나타났다. 배상세포의 분포정도는 유문수와 전장부 보다는 높지만, 후장부 보다는 다소 낮았다. 흡수세포는 유문수와 장 전체 중에서 가장 많이 분포하는 것으로 관찰되었다 (Fig. 3, C).

후장부의 점막주름은 불규칙하고 복잡한 형태로 분지의 형성이 뚜렷하였다. 근육층의 발달은 외부의 종주근층과 내부의 환상근층이 유사하였으며, 점막하층의 발달정도는 장의 다른 부위와 유사했다. 점막근층은 전장부 보다는 미약하지만, 중장부 보다는 발달된 상태이다. 점막상피층의 선조연의 발달정도와 배상세포의 분포

는 유문수와 장 가운데서 가장 높았다. 흡수세포는 점막주름에 따라 다소 차이는 있지만, 중장부 보다 낮거나 유사한 정도이다 (Fig. 3, D).

감성돔 소화관 가운데 유문수와 장의 점막상피층은 매우 유사한 구조를 나타내고 있지만, 배상세포의 수는 장에서 훨씬 많으며, 선조연도 유문수에서 보다 장에서 다소 발달된 경향을 보였다. 이와 같은 현상은 green sunfish (Williams and Nickol, 1989), 조피볼락 (Chin et al., 1998) 및 점농어 (Lee et al., 1989)에서 보고된 것처럼 소화물질 수송이라는 기능이 유문수 보다 장에서 훨씬 높다는 것을 보여주는 구조적 특징으로 생각된다. 그리고 흡수세포의 분포 정도로 보아 감성돔 소화관에서 영양분 흡수기능은 중장부에서 가장 높다고 할 수 있다.

## 요 약

감성돔, *Acanthopagrus schlegelii*의 소화관은 식도, 위, 장, 항문 그리고 위의 유문부 말단에서 유래한 4~5개의 맹낭 형태인 유문수로 이루어져 있었다. 어체 체장에 대한 식도에서 항문까지의 소화관 길이의 비 (RLG: relative length of gut)는 1.04 (n=10)였다. 소화관의 조직층은 장막, 근육층, 점막하층, 점막층으로 구성되는데, 점막하층의 발달은 전체적으로 매우 미약했다. 식도 점막주름의 형태는 규칙적인 분지형이었으며, 점막근층은 아주 잘 발달되어 있었다. 점막상피층은 입방형 또는 원주형 상피세포와 점액분비세포로 구성되며, 상피세포의 자유면에서 미세융모의 관찰은 어렵다. 위 점막주름의 형태는 규칙적인 미분지형이며, 위의 근육층과 점막근층은 잘 발달되어 있었다. 점막층의 표면상피에서는 미세융모가 관찰되며, 위선과 분비과립은 체부에서 가장 잘 발달되어 있었다. 유문수와 장의 점막주름은 불규칙한 분지형이다. 장은 점막주름의 길이와 조직학적인 특징에 의해 전장부, 중장부, 후장부의 구분이 가능하였다. 유문수와 장의 선조연과 배상세포는 후장부에서, 영양분 흡수세포는 중장부에서 가장 발달된 양상을 보였다.

## 감사의 글

본 연구는 부경대학교 해양산업개발 연구센터를 통한 한국과학재단 우수 연구센터 지원금에 의한 것임.

## 참 고 문 헌

- Anderson, T.A. 1986. Histological and cytological structure of the gastrointestinal tract of the luderick, *Girella tricuspidata* (Pisces, Kyphosidae), in relation to diet. *J. Morphol.*, 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.
- 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 schlegelii* (Teleostei: Scorpaenidae). III. Ultrastructure of the adult digestive tract. *Korean J. Ichthyol.*, 10, 115~127 (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.
- Grau, A., S. Crespo, M.C. Sarasquete and M.L. Gonzalez de Canales. 1992. The digestive tract of the amberjack *Seriola dumerili* Risso: a light and scanning electron microscope study. J. Fish Biol., 41, 287~303.
- Hirji, K.N. 1983. Observations on the histology and histochemistry of the oesophagus of the perch, *Perca fluviatilis* L.. J. Fish Biol., 22, 145~152.
- Huh, S-H and S.N. Kwak. 1998. Feeding habits of juvenile *Acanthopagrus schlegeli* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. Korean J. Ichthyol., 10, 168~175 (in Korean).
- 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.
- Lee, J.S. and P. Chin. 1995. Morphology and histochemical characteristics of the alimentary tract in surfperch, *Ditrema temmincki*. Korean J. Ichthyol., 7, 140~149 (in Korean).
- Lee, J.S., K.S. Jeong and S-H Huh. 1998. Internal morphology and histochemistry of the digestive tract in the spotted sea bass, *Lateolabrax* sp.. Bull. Fish. Sci. Inst. Yosu Nat'l Univ., 7, 105~113 (in Korean).
- Osman, A.H.K. and T. Caceci. 1991. Histology of the stomach of *Tilapia nilotica* (Linnaeus, 1758) from the river Nile. J. Fish Biol., 38, 211~223.
- Sis, R.F., P.J. Ives, D.M. Jones, D.H. Lewis and W.E. Haensly. 1979. The microscopic anatomy of the oesophagus, stomach and intestine of the channel catfish, *Ictalurus punctatus*. J. Fish Biol., 14, 179~186.
- Takeuchi, T. 1991. Digestion and nutrition. pp. 67~101. In Itazawa, Y. and I. Hanyu (ed.), Fish physiology, Koseisha-Koseikaku, Tokyo (in Japanese).
- Tomas, C. and T.C. Hrubec. 1990. Histology and ultrastructure of the gut of the black mollie (*Poecilia* spp.), a hybrid teleost. J. Morphol., 204, 265~280.
- Williams, J.A. and B.B. Nickol. 1989. Histological structure of the intestine and pyloric caeca of the green sunfish, *Lepomis cyanellus* Rafinesque. J. Fish Biol., 35, 359~372.

---

1999년 3월 15일 접수

1999년 9월 15일 수리