

## 한국산 통가리과 (Amblycipitidae) 어류 2종 수염의 조직학적 구조

박인석 · 설동원\* · 임수연 · 김치홍<sup>1</sup> · 강언종<sup>2</sup> · 공용근<sup>2</sup>

한국해양대학교 해양과학기술대학 해양환경·생명과학부

<sup>1</sup>국립수산과학원 내수면생태연구소

<sup>2</sup>국립수산과학원 내수면양식연구소

## Histological Structure of the Barbels of *Liobagrus andersoni* and *L. obesus* (Amblycipitidae: Pices) from Korea

In-Seok PARK, Dong-won SEOL\*, Soo-Yeon IM, Chi-Hong KIM<sup>1</sup>,  
Eon-Jong KANG<sup>2</sup> and Yong-Gun GONG<sup>2</sup>

Division of Marine Environment and Bioscience, College of Ocean Science and Technology,  
Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

<sup>1</sup>Chungpyung Inland Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and  
Development Institute, Chungpyung 477-810, Korea

<sup>2</sup>Chinhae Inland Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and  
Development Institute, Chinhae 645-806, Korea

Histological observations of the barbels of torrent catfish (Amblycipitidae) in Korea are reported. The bullhead torrent catfish (*Liobagrus andersoni*) and Korean torrent catfish (*L. obesus*) have eight obvious barbels in two pairs each on the maxilla and mandible. Each barbel is composed of an epidermis, dermis, and central cartilagerod. The epidermis of the maxillary and mandibular barbels of the bullhead torrent catfish is thicker than that of the Korean torrent catfish ( $P < 0.05$ ) and is formed of stratified epithelium that contains many cutaneous taste buds and a few small club cells. There are many taste buds on the upper part of each barbel. The dermis consists of loose connective tissue fibers that enclose blood vessels and bundles of nerve fibers. The barbels of these fish can be categorized into stiff and flexible types and are accessory, feeding, and sensory structures. Our results validate the barbels as gustatory receptor organs for these fishes.

Key words: *Liobagrus andersoni*, *L. obesus*, Barbel, Taste bud, Torrent catfish

### 서론

다수의 어류는 입주위에 수염을 가지고 있고 (Harder, 1975), 대부분의 경우 이러한 수염은 어류 입 주위에 존재하는 피부 돌출물로서 조직학적으로 피부와 유사성을 보인다 (Hibiya, 1982). 어류 수염은 미각 (gustatory)과 촉각 (tactile)의 기능이 있으며, 느리게 유평하는 저서성 어류의 수염에는 미뢰 (taste bud)가 있어 먹이를 탐색하는데 중요한 역할을 한다고 보고된 바 있다 (Kapoor and Bhargava, 1967; Kim et al., 2001; Park and Kim, 2005). 또한 일부 어류의 수염에는 발광기관이 존재하며 이러한 발광끝을 가지는 수염은 먹이 유인을 위해서도 사용되기도 한다 (Bone et al., 1995). 어류의 수염은 육질성의 신장된 구조로 형태, 수, 길이 및 위치에 있어서 종마다 다양한 차이를 나타낸다 (Harder, 1975; Kim et al., 2001). 특히, 메기류의 수염은 촉각과 맛을 감지하는 기능이 있어 먹이 인식의 기능이 있는 것으로 보고된 바 있다 (Satô, 1977; Satô and Katagiri, 1966; Park et al., 2004; Park and Kim, 2005).

통가리, *Liobagrus andersoni*는 한국 고유종으로 임진강, 한

강, 안성천, 무한천 삼교천에 분포하고, 통사리, *L. obesus*는 금강 중류, 웅천천, 만경강 및 영산강 상류에 제한적으로 분포하는 한국 고유종이면서 멸종 위기종으로 지정되어 있다 (Kim and Park, 2002). 통가리의 생김새는 몸이 약간 둥글고 길며, 머리는 수평으로 넓적하다. 통사리는 몸이 약간 길고 납작하며, 머리와 주둥이는 수평으로 납작하다. 두종의 수염은 4쌍으로 2쌍은 머리 길이와 거의 같고, 2쌍은 그보다 짧으며, 몸에는 비늘이 없다 (Kim and Park, 2002).

한국산 통가리과에 대한 연구는 조선어류지에서 이들의 형태, 발생, 분포, 생태 및 생활사에 대하여 기재된 바 있고 (Uchida, 1939), 통가리과 어류의 계통분류학적 연구가 수행된 바 있다 (Son, 1987). 아울러 통가리속 어류에 대한 연구로는 형태학적 비교 (Son, 1981; 1988), 형태 및 단백질 전기영동상에 의한 비교 (Son et al., 1984), 생태 (Son and Choo, 1988), 핵형 비교 (Son and Lee, 1989) 연구가 있으며, 통사리에 대한 산란행동 및 초기생활사에 관한 연구 (Seo, 2005) 등이 있다. 본 연구는 한국 고유종인 통가리와 통사리의 수염에 관한 연구가 아직까지 없는 점을 감안하여, 통가리와 통사리의 상악 수염과 하악 수염의 조직학적인 구조를 파악하였으며, 2종

\*Corresponding author: tongtong100@naver.com

간 상악과 하악 수염에서의 차이를 비교하였다.

**재료 및 방법**

**채집 방법 및 관리**

통가리, *Liobagrus andersoni*는 경기도 연천군 군남면 진상리에서 채집하였고, 통사리, *L. obesus*는 전주시 완산구 색장동에서 채집하였다. 채집은 투망(망목 7×7 mm)과 반두(망목 5×5 mm)를 이용하여 실시하였다. 각 채집된 종들을 한국해양대학교 수산유전육종학 연구실의 입해양식장으로 이동하여 순화시킨 후 사육·관리하였다. 각각의 어류는 사육수조에 수용 후 실험시까지 90일 동안 사육하였으며, 사육시 사육수조의 용존산소는 5.0 mL/L 이상, pH는 6.8-7.6, 수온은 23.1±0.5℃를 유지하였다.

**조직학적 관찰**

조직표본의 제작을 위하여, 표본 하루 전부터 먹이 공급을 중단하였으며, 100 ppm 염산리도카인 (lidocaine-HCl, 흥성제약, 한국)/1,000 ppm NaHCO<sub>3</sub> (Sigma, USA)으로 통가리와 통사리의 성체 각 20마리씩을 적정 마취시간보다 길게 마취하여 죽인 후 각 표본들의 전장과 체중을 전자저울 (Acom, Korea) 과 digital vernier caliper (Mitutoyo, Japan)를 사용하여 각각 0.1 g, 0.01 mm 단위까지 측정하였다. 이후 각 표본을 4℃로 냉각된 10% 중성포르말린 (100 mL formalin, 6.5 g Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>·12H<sub>2</sub>O, 4.5 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 900 mL DW)에 고정하여 냉장 보관하였다. 고정 후 1일에 다시 10% 중성 포르말린으로 재고정하여 조직학적 조사시까지 냉장 보관하였다.

수염의 조직학적 관찰을 위하여 고정된 통가리와 통사리의 표본으로부터 어체의 두부를 기준으로 한 상악의 주둥치 바로 옆의 가장 긴 수염 (이하 상악 수염)과 하악의 주둥치 뒤쪽의 가장 긴 수염 (이하 하악 수염)을 절취한 후 각 수염의 첨단 끝 0.2 cm 부분을 제거한 상부 수염조직과 중부 수염조직 그리고 각 수염의 기부에서 0.2 cm 윗부분인 하부 수염조직을 0.5 cm 단위로 표본하였다. 각 표본을 Bouin 용액에 재고정 하였으며, 상법인 파라핀 절편법으로 조직표본을 제작하였다. 절단두께 4-6 μm로 횡단 (cross) 및 종단 (longitudinal) 절단하여, Mayer's hematoxylin 과 eosin phloxine B 용액으로 염색하였으며, 검경 후 사진 촬영하였다.

**통계 분석**

각 부위에서 수염 중심을 지나는 종단절단 표본에서 표피 두께를 광학현미경 (Zeiss, Germany) 하에서 측정하여 해당 수염의 단경에 대한 백분율로 나타내었으며, 아울러 상악과 하악 수염의 상부·하부·기부 부위에서 수염 중심을 지나는 종단 절단 표본에서의 단위 길이 (0.5 cm)당 미뢰 수를 계수하였다. 통가리와 통사리 각 10마리에서의 결과의 통계적 유의성 검증을 위하여 P<0.05 수준에서 t-test를 실시하였다.

**결과 및 고찰**

어류의 수염은 종간 차이를 보이며 육질성의 신장된 구조로 이루어져 있다 (Bond, 1996; Kim et al., 2001). 본 실험에 사용된 통가리, *Liobagrus andersoni*의 평균 전장과 평균 체장은 각각 96.9±6.96 mm, 17.5±4.67 g이었으며, 통사리, *L. obesus*의 평균 전장과 평균 체장은 각각 86.5±1.01 mm, 16.5±0.97 g이었다. 통가리와 통사리에는 공통적으로 8개의 입수염이 존재하였으며, 상악과 하악에 각각 2쌍씩의 수염이 있었다. 이들 입수염을 통가리와 통사리에서 상악과 하악 수염을 관찰한 결과, 조직학적 측면에서 통가리와 통사리 간 별다른 차이는 없었다 (Figs. 1-4).

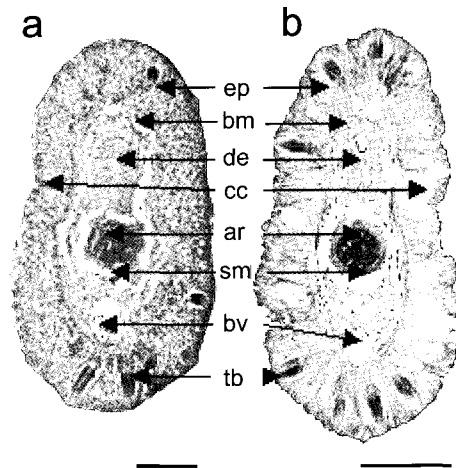


Fig. 1. Cross section of the upper part of mandibular barbel in Korean torrent catfish (a) and bullhead torrent catfish (b). ar, axial rod of cartilage; bm, basement membrane; bv, blood vessel; cc, club cell; de, dermis; ep, epidermis; sm, smooth muscle layer; tb, taste bud. a: bar=50 μm, b: bar=100 μm.

Fig. 1은 통가리 (a)와 통사리 (b) 상악 수염의 상부 횡단절단 상이며, Fig. 2는 통가리 하악 수염의 중부 절단상이다. Fig. 3은 통가리 (a)와 통사리 (b) 상악 수염의 중부 종단절단상이며, Fig. 4는 통가리 (a)와 통사리 (b) 상악 수염의 하부 횡단절단상이다. 통가리와 통사리 수염의 표피는 상부에서는 평평한 형인 층상의 상피 세포로 이루어 졌으나 (Fig. 1, ep), 하부로 갈수록 입방형의 상피 세포로 이루어 졌다 (Fig. 2 a-d, ep, Fig. 3, ep, Fig. 4, ep). 상악 수염과 하악 수염의 상부·중부·에서 의 종단 절단면 최대 직경에 대한 표피 두께를 상대적으로 조사한 결과, 통가리와 통사리는 수염의 상부에서 하부 기부로 갈수록 감소하는 경향을 보였다. 또한 통사리는 상악 수염에서는 전체적으로 통사리보다 컸으나, 하악 수염에서는 상부와 하부는 크고, 중부는 유사하게 나타났다 (P<0.05) (Table. 1).

통가리와 통사리의 수염은 공통적으로 표피 (Figs. 1-3, a-d, Fig. 4, ep), 진피 (Figs. 1, 2c, de) 및 연골성중축 (axial rod of cartilage) (Figs 1, 2c, 3, 4, ar)으로 구성되어 있는데 Raffin-Peyloz (1955)는 이를 수염에서의 주변부, 중간부 및 중심부라고 구분하였다. 통가리와 통사리의 상악과 하악 수염에서 표

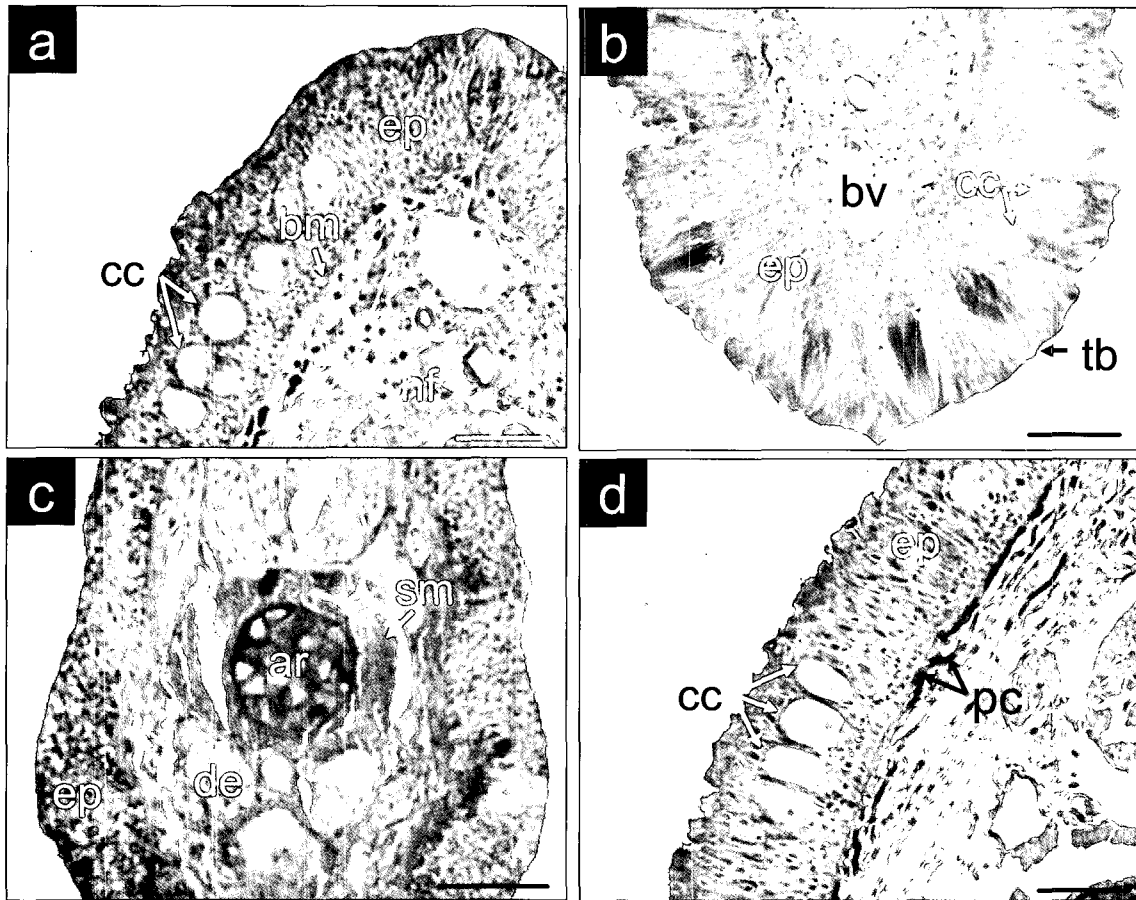


Fig. 2. Cross section of the middle part of maxillary barbel in Korean torrent catfish. a: bm, basement membrane; cc, club cell; ep, epidermis; nf, bundle of nerve fibres. bar=10 μm. b: bv, blood vessel; cc, club cell; ep, epidermis; tb, taste bud. bar=40 μm. c: ar, axial rod of cartilage; de, dermis; ep, epidermis; sm, smooth muscle layer. bar=50 μm. d: cc, club cell; ep, epidermis; pc, pigment cell. bar=10 μm.

Table 1. Thickness and percentage thickness of epidermis at each part of mandibular barbel and maxillary barbel of Amblycipitidae in Korea

Part of barbel	Thickness of epidermis (%)*			
	Korean torrent catfish		Bullhead torrent catfish	
	ManBL	MaxBL	ManBL	MaxBL
Upper	56.6± 6.89 (22.74) <sup>a</sup>	42.4± 3.86 (19.08) <sup>A</sup>	121.0± 6.97 (25.61) <sup>b</sup>	113.6± 8.81 (26.25) <sup>B</sup>
Middle	72.4± 6.09 (14.68) <sup>a</sup>	58.3±14.59 (14.66) <sup>A</sup>	113.1± 7.87 (17.91) <sup>b</sup>	105.5±31.51 (16.42) <sup>A</sup>
Lower	82.2±11.03 (12.13) <sup>a</sup>	71.3± 8.27 (10.25) <sup>A</sup>	136.4±12.74 (16.49) <sup>b</sup>	127.3± 3.86 (14.13) <sup>B</sup>

\*Means±SD (μm) (n=10) values are shown. Parenthesis indicate the percentage of thickness of epidermis on all of mandibular barbel (ManBL) and Maxillary barbel (MaxBL) in each species. Means within each row followed by same alphabetic letter are not significantly different (P>0.05).

피 중층에서는 club cell이 존재 하였고 (Figs. 1, 4, cc), 이러한 club cell은 주위 표피 상피세포에 비하여 컸으며, 그 크기는 다양하였고 세포질은 eosin에 의해 약하게 염색되었다 (Fig. 2, a, b, d). Pfeiffer (1963)는 잉어류 어류와 일부 메기류의 수염 표피에는 club cell이 없거나 희박한 반면, 이런 어류의 체표면에는 club cell이 다량 분포한다고 하였다. *Mystus vittatus*인 경우는 수염에 미뢰, 점액세포와 이러한 club cell이

존재하지 않아서 미각의 기능이 없고 단지 촉각의 기능만 가지게 된다 (Agarwal and Rabanshi, 1965).

어류의 점액세포는 피부 보호, 면역, 방어 등의 역할을 하는 점액을 분비하는데, bagrid catfish, *Rita rita*와 spined loach, *Iksookimia longicorpa*에서 그 존재가 확인된 바 있으나 (Singh and Kapoor, 1967; Kim et al., 2001), 통가리와 통사리 수염 표피에서 점액세포는 관찰되지 않았다. 진피는 기저막 (Figs.

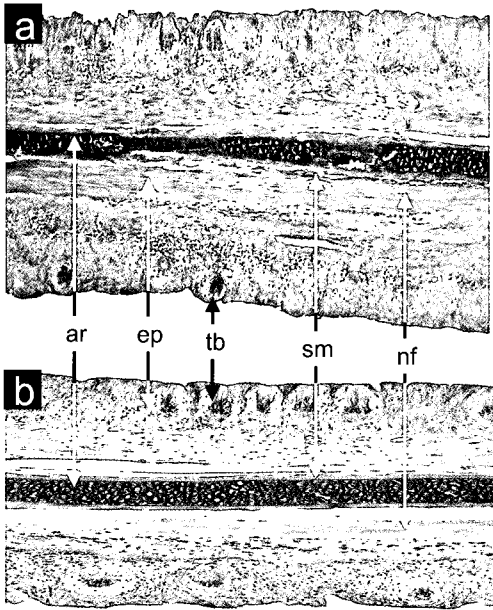


Fig. 3. Longitudinal section of the middle part of mandibular barbel in Korean torrent catfish (a) and bullhead torrent catfish (b). ar, axial rod; ep, epidermis; nf, bundle of nerve fibres; sm, smooth muscle layer; tb, taste bud. bar=100 μm.

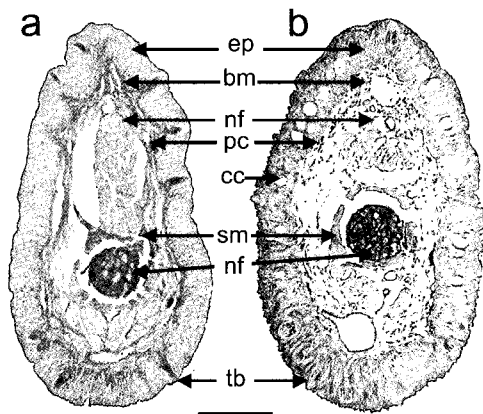


Fig. 4. Cross section of the lower part near to flapped base of mandibular barbel in Korean torrent catfish (a) and bullhead torrent catfish (b). ar, axial rod of cartilage; bm, basement membrane; cc, club cell; ep, epidermis; nf, bundle of nerve fibres; pc, pigment cell; sm, smooth muscle layer; tb, taste bud.

1, 2a, 4, bm)에 의해 표피와는 구별되고 진피는 느슨한 결합 섬유로 이루어져 있으며 (Figs. 1, 2c, de), 표피층과 접합부인 기저막 아래 진피층 상부에는 색소세포 (Fig. 4, pc), 혈관 (Figs. 1, 2b, bv) 및 신경섬유 (Figs. 2a, c, 3, 4, nf)가 존재하였다. 통가리와 통사리에서 연골성중축은 수염의 가장 중심 부위에 위치한 연골성 조직으로서, 각 연골세포는 그 형태가 불규칙하며 핵을 가지고 있었다 (Figs. 1, 2c, 3, 4, ar). 연골세포는 희박한 섬유를 포함하고 있었고, 중앙에는 혈관이 존재 하였

으며, 연골성중축은 수염의 길이를 따라 연장되어 지지 역할을 하는 축 기능을 가진다. 연골성중축은 횡축으로 형성된 환상의 평활근 층에 의해 둘러 싸여 있었다 (Figs. 1, 2c, 3, 4, sm).

미뢰 (taste bud)는 어체의 입과 인두 (pharynx) 주변에 주로 존재하며 특히, 안면의 수염에 많이 존재한다 (Satō, 1941; Evans, 1952; Miller and Evans, 1965). 어류에서의 수염은 육질성의 신장된 구조로 종간 차이를 보이기는 하지만, 촉각과 화학물질 감지 기능이 있다 (Bond, 1996; Kim et al., 2001; Park and Kim, 2005; Park et al., 2005). 이러한 어류 수염에서의 촉각과 화학물질 감지는 주로 미뢰에 의해 이루어지는 것으로 통가리와 통사리에서의 미뢰는 호염기성으로서 표피의 가장 바깥쪽에 위치하며, 미뢰는 감각세포와 지지세포로 이루어졌고, 신경세포도 관찰되었다 (Figs. 1, 2b, 3, 4, tb).

Table 2는 상악 수염과 하악 수염에서의 각 상부·중부·하부에서 수염 중심을 지나는 종단 절단 0.5 cm 단위 길이당 미뢰수를 계수한 결과이다. 통가리와 통사리의 미뢰는 각 수염에서 상부보다 하부로 갈수록 적게 분포하고 있었고, 하악 수염보다 상악 수염에 더 많은 수가 분포하였다. 한편, 통사리의 상악 수염 중부의 미뢰수는 통가리 상악 수염의 중부 미뢰수보다 적게 분포하였다 ( $P < 0.05$ ) (Table. 2). 미뢰의 수를 고려할 때, 통가리와 통사리에서의 촉각 및 화학물질 감지 기능은 상악과 하악 모두 상부에서 기능이 더 높은 것으로 파악되었다. 미뢰는 화학물질 수용과 미각역할의 동시 기능이 있는 것으로서, 일부 어종은 이러한 2가지 기능 중 한 가지 기능만 가지는 경우도 있으며, 다른 일부 어종은 촉각과 수온감지 기능까지도 가지는 경우가 있다 (Moore, 1950).

Table 2. Number of taste bud at each part of barbel in torrent catfish

Part of barbel	Number of taste bud*			
	Korean torrent catfish		Bullhead torrent catfish	
	ManBL	MaxBL	ManBL	MaxBL
Upper	23.9±2.33 <sup>a</sup>	15.4±0.95 <sup>A</sup>	25.1±1.48 <sup>a</sup>	17.8±1.95 <sup>A</sup>
Middle	12.6±0.87 <sup>a</sup>	9.5±1.70 <sup>A</sup>	8.17±2.01 <sup>b</sup>	8.83±1.59 <sup>A</sup>
Lower	5.44±1.46 <sup>a</sup>	5.64±0.96 <sup>A</sup>	5.71±1.36 <sup>a</sup>	4.58±1.98 <sup>A</sup>

\*Means±SD (μm) (n=10) values are shown. Number of taste bud accounted along with the unit of 0.5 mm barbel length at each parts of mandibular barbel (ManBL) and maxillary barbel (MaxBL) in each species. Means within each row followed by same alphabetic letter are not significantly different ( $P > 0.05$ ).

Baecker (1926)은 수염을 2가지 형으로 구분하여: (1) 연하고 유연한 수염은 수염축에 연골성 rod가 존재하지 않으며 진피는 혈관이 망상으로 산재하고, (2) 움직일 수 없거나 굴절성이 있는 딱딱한 수염인 경우, 움직일 수 없는 수염은 골성의 지지축으로 되어있고 굴절성 수염은 연골성 축을 가진다고 하였다. 이와 더불어 Satō (1937)는 수염을 (1) 수염 피부에 미뢰가

없는 수염, (2) 미뢰가 수염 피부에 묻혀있는 수염의 2가지 군으로 구분한 바, 미뢰가 피부에 묻혀있는 수염인 경우, 수염의 중앙축(central axe) 종류에 따라: (1) 연골성 rod가 없는 경우(잉어형), (2) 연골성 rod가 있는 경우(메기형, goatfish형과 미꾸라지형) 그리고 (3) 가로무늬근 rod가 있는 경우(ploymixia 형)으로 세분화 하였다(Satô, 1937).

상기의 수염 분류 기준에 따라, 통가리와 통사리의 각 수염은 수염축에 연골성 rod가 존재하며, 미뢰가 피부에 묻혀있는(메기형, goatfish 형과 미꾸라지형) 딱딱하고 굴절성의 메기형 입이 판명되었다. 이러한 우리나라 통가리와 통사리의 수염 특징은 Satô and Kapoor (1957)가 지적한 바와 같이 잉어형과 메기형 어류의 수염 특징인 Baecker (1926)가 보고한 연하고 유연한 수염과 굴절성 수염에 각각 해당된다고 한 보고와 일치한다. 본 연구 결과, 통가리와 통사리는 표피에 미뢰가 내재해 있고 연골성중축이 있는 굴절성이 있는 딱딱한 수염의 유형에 해당하였고, 통가리와 통사리를 포함한 메기류에서의 굴절성이 있는 수염은 상당한 거리의 먹이에 대한 민감성이 있고, 먹이 위치 파악에 매우 중요한 역할을 있을 것으로 판단된다(Singh and Kapoor, 1967; Moyle and Cech 2000; Park and Kim, 2005).

수염의 길이, 수 그리고 구조적 특징 등이 어류의 계통분류학적 지표로 이용될 수 있다는 점과 수염의 화학적인 감지 기능 등을 고려할 때, 앞으로 통가리와 통사리의 유연관계에 있는 종들과의 비교조직학적 연구 및 생태학적 습성과 관련된 제반적인 연구가 필요하다고 사료된다. 또한, 어류의 수염은 재생 능력이 있으므로(Satô and Katagiri, 1966; Satô and Takahashi, 1968), 차후 통가리와 어류에서의 재생 능력에 관한 평가가 필요하며, 통가리와 어류에서의 미뢰의 기능과 관련된 제반 생리학적인 연구가 수반되어야 하리라 사료된다.

## 사 사

본 연구는 2004년도 한국학술진흥재단 지원인 “2004년도 한국해양대학교 해양과학기술연구소 중점연구소 지원사업(KRF-2006-005-J00501)”에 의하여 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

- Agarwal, V.P. and V.K. Rabanshi. 1965. Morphology and histology of the cutaneous sense organs of *Mystus vittatus* (Bl.). Proc. Ind. Acad. Sci. B., 61, 39-48.
- Baecker, R. 1926. Beiträge zur Histologie der Barteln der Fische. Jahrb. Morphol. U. Mikrosk. Anat., Abt. 2, vi, 489-507.
- Bond, C.E. 1996. Biology of Fishes. 2nd ed., Saunder Colloge Publ. Co., New York, 353-365.
- Bone, Q., N.B. Marshall and J.H.S. Blaxter. 1995. Biology of Fishes, Chapman & Hall. 219-262.
- Evans, H.E. 1952. The correlation of brain pattern and feeding habits in four species of cyprinid fishes. J. Comp. Neurobiol., 97, 133-142.
- Harder, W. 1975. Anatomy fo Fishes. E. Schweizerbart'sche Verlags-bunchhandlung (Nägele U. Obermiller) Stuttgart, Hans Richarz, Pubikations-Service, 5205 Sankt Augustin, 306-363
- Hibiya, T. 1982. An Atlas of Fish Histology. Gustav Fisher Verlag., Wollgrasweg, 42-53.
- Kapoor, B.G. and S.C. Bhargava. 1967. A study on the barbels of a marine catfish, *Arius thalassimus* (Rupp.). Jap. J. Ichthyol., 14, 201-298.
- Kim, I.S. and J.H. Park. 2002. Freshwater Fishes of Korea, Kyo-Hak Publ. Co., Ltd., Seoul, 252-259.
- Kim, I.S., S.Y. Kim and J.Y. Park. 2001. Histological observation of the barbel in the spined loach, *Iksookimia longicorpa* (Cobotodae). Kor. J. Ichthyol., 13, 24-27.
- Miller, R.J. and H.E. Evans. 1965. External morphology of the brain and lips in catostomid fishes. Copeia, 4, 467-487.
- Moore, G.A. 1950. The cutaneous sense organs of barbeled minnows adapted to life in the muddy water of the Great Plains Region. Trans. Am. Micros. Soc., 69, 69-95.
- Moyle, P.B. and J.J. Cech., Jr. 2000. Fishes: An Introduction to Ichthyology. 4th ed., Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1-612.
- Park, I.S. and C.H. Kim. 2005. Characteristics of histological structure of the mandibular barbels of two species of catfish (Siluridae) from Korea. Kor. J. Ichthyol., 17, 36-42.
- Park, I.S., J.H. Im and J.W. Hur. 2004. Morphometric characteristics of catfish (Siluridae) in Korea. Kor. J. Ichthyol., 16, 223-228.
- Park, I.S., J.W. Hur and Y.D. Lee. 2005. Relative growth of barbels in striped sea catfish, *Plotosus lineatus* (Thunberg). Ocean Polar Res., 27, 109-113.
- Pfeiffer, W. 1963. Alarm substances. Experientia, 19, 113-123.
- Raffin-Peyloz, R. 1955. Etude histologique des barbillons de quelques d'eau douce. Trav. Lab. Hydrob. Pisc. Univ. Grenoble, 13, 73-97.
- Satô, M. 1937. On the barbels of a Japanese sea catfish, *Plotosus anguillaris* Lacépède. Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., Biol., 11, 323-332.
- Satô, M. 1941. A comparative observation of the hind-brain of fish possessing barbels, with special reference to their feeding habits. Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., Biol., 16, 157-164.

- Satô, M. 1977. Histology of *Blepias cirrhosus draciscus* (Cottidae). Jap. J. Ichthyol., 23, 220-224.
- Satô, M. and B.G. Kapoor. 1957. Histological observations on the barbels of Indian fresh-water fishes, Alaska codfish and *Podothecus acipenserinus*. Annot. Zool. Japan, 30, 156-161.
- Satô, M. and M. Takahashi. 1968. Regeneration of the mandibular barbels of the fry of the catfish, *Parasilurus asotus*, and comparison of histological structure of the mandibular barbels of three catfishes inhabiting Lake Biwa. Jap. J. Ichthyol., 14, 197-202.
- Satô, M. and Y. Katagiri. 1966. Regeneration of the mandibular barbels of the fry of the catfish, *Parasilurus asotus*, and comparison of histological structure of the mandibular barbels of three catfishes inhabiting Lake Biwa. Jap. J. Ichthyol., 13, 169-175.
- Seo, W.I., 2005. Early life history and spawning behavior of the bullhead torrent catfish, *Liobagrus obesus*. M.S. Thesis, Yosu Natl. Univ., Korea, 1-37.
- Singh, C.P. and B.G. Kapoor. 1967. Histological observations on the barbels of a bagrid catfish, *Rita rita* (Ham.). Jap. J. Ichthyol., 14, 197-202.
- Son, Y.M. 1981. Morphological studies on the genus *Liobagrus* from Korea. M.S. Thesis, Chung-ang Univ., Korea, 1-35.
- Son, Y.M. 1987. Systematic studies on the torrent catfish, family Amblycipitidae from Korea. Ph.D. Thesis. Chung-ang Univ., Korea, 1-81.
- Son, Y.M. 1988. Studies of morphological characters of the family Amblycipitidae in Korea. Kor. J. Limnol., 1, 13-27.
- Son, Y.M., I.S. Kim and I.Y. Choo. 1984. A new species of torrent catfish, *Liobagrus obesus* from Korea. Kor. J. Ichthyol., 20, 21-29.
- Son, Y.M. and I.Y. Choo. 1988. Ecological studies of catfish, genus *Liobagrus* from Korea. Kor. J. Limnol., 21, 243-251.
- Son, Y.M. and J.H. Lee. 1989. Karyotypes of genus *Liobagrus* (Pisces : Amblycipitidae) in Korea. Kor. J. Ichthyol., 1, 64-72.
- Uchida, K. 1939. The Fishes of Korea. Bulletin of the Fisheries Experiment Station of the Government-General of Korea, Pusan, 1-458.

---

2006년 5월 29일 접수  
2006년 8월 22일 수리