

## 한국의 메기과 (Siluridae) 어류 2종의 상악 수염의 조직학적 특성

박인석\* · 김치홍<sup>1</sup>

한국해양대학교 해양과학기술대학 해양과학부

<sup>1</sup>국립수산과학원 내수면생태연구소

## Characteristics of the Histological Structure of the Mandibular Barbels of Two Species of Catfish (Siluridae) from Korea

In-Seok Park\* and Chi-Hong Kim<sup>1</sup>

Division of Ocean Science, 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.

Histological observations on the barbels of catfish (Siluridae) in Korea are reported. The mandibular barbel of Far Eastern catfish, *Silurus asotus*, has epidermis and dermis surrounding an axial rod of cartilage. The stratified epidermis embodies mucous cells, club cells, and taste buds. The mucous cells, which are thin rims of basophilic cytoplasm, and the taste buds, which are basophilic, are located at the surface and the distal portion of the epidermis, respectively. The basement membrane lies between the epidermis and dermis except in places of dermal papillae. The dermis is made up of loose connective tissue fibers enclosing nerve bundles and blood vessels. The central region of cartilage is innermost and enclosed within muscle layers. The mandibular barbel of slender catfish, *S. microdorsalis*, has an identical structure to those of the Far Eastern catfish however, the percentage thickness of epidermis in the upper and lower parts of the barbel and the number of taste buds in the upper and middle parts of the barbel are different from those of Far Eastern catfish. This study shows that the mandibular barbels in Far Eastern catfish and slender catfish are of a stiff and flexible type.

**Key words** : Far Eastern catfish, histological structure, mandibular barbel, slender catfish, sensory organ

### 서 론

어류에서의 수염 (barbel, barb)은 어류 입 주위에 존

\*Corresponding author: ispark@hhu.ac.kr

재하는 피부 돌출물로서 조직학적으로 피부와 유사한 조직상을 보인다 (Hibiya, 1982). 어류 수염은 미각 (gustatory)과 촉각 (tactile) 감각의 기능이 있으며, 수염에 맛봉오리 (taste bud)를 가지는 어류들은 느리게 유명하며 저서성인 종류가 많고 이러한 수염은 물 밑에 있는 먹이

의 탐색용으로 이용되고 있다 (Harder, 1975; 김, 1989). 또한 일부 어류의 수염에는 발광기관이 존재하며 이러한 발광관을 가지는 수염은 먹이 유인을 위해서도 사용되기도 한다 (Bone *et al.*, 1995).

메기 (Far Eastern catfish), *Silurus asotus* Linnaeus, 1758는 분류학적으로 메기목 (Siluriformes)의 메기과 (Siluridae)에 속하는 담수 어종으로 우리나라의 전 하천 및 일본, 중국을 비롯한 동북아시아 담수계에 널리 분포한다 (김과 박, 2002). 미유기 (Slender catfish), *S. microdorsalis* Mori, 1936 역시 메기와 마찬가지로 분류학적으로 메기목의 메기과에 속하는 담수 어종으로 한국 고유종이고, 메기와 혼서하는 경우도 있으나 대체로 물이 맑고 자갈이나 바위가 많은 하천의 상류 수역에 서식하며 우리나라 전 담수역에 출현한다 (김과 박, 2002).

전 세계적으로 메기는 12속 100여종이 있는 것으로 알려졌으나, 우리나라에는 메기속 (*Silurus*)에 메기와 미유기 2종만 서식한다 (김과 박, 2002). 현재까지의 메기와 미유기를 대상으로 한 서로간 중간 비교 연구는 Kim *et al.* (1982)이 염색체를 서로 비교한 바 있으며, 최근에는 정자의 미세구조가 비교·연구된 바 있고 (Kwon and Kim, 2004), 박 등 (2004)에 의하여 메기와 미유기를 대상으로 하여 종 분류·확인 차원에서 어체 계측형질 조사도 이루어진 바 있다.

메기 수염에 관하여는 Sato and Katagiri (1966)에 의해 대체적인 조직학적 연구가 이루어진 바 있다. 그러나 메기 상악 (Mandibular) 수염의 각 부위별과 세포 소기관들에 관한 연구가 미흡한 점을 고려하여, 본 연구에서는 메기의 상악 수염에 대한 더욱 면밀한 조직학적 연구와 더불어 우리나라 특산인 미유기의 상악 수염을 조직학적으로 조사하여, 메기와 미유기에서의 조직학적인 상악 수염의 특성과 2종간 상악 수염에서의 차이를 파악하고자 하였다.

## 재료 및 방법

본 실험에는 낙동강 하류 수역과 남한강 수역에서 낚시와 통발로 채집한 평균 전장 29.4 cm의 메기, *Silurus asotus*와 평균 전장 23.6 cm의 미유기, *S. microdorsalis*를 각각 사용하였다. 채집한 개체들을 한국해양대학교 수산유전육종학 연구실의 임해양식장으로 이동하여 순화시킨 후 사육수조에 수용 후 실험시까지 60일 동안 사육하였다. 사육시 사육수조의 용존산소는 5.0 mL L<sup>-1</sup> 이상, pH는 6.8~7.6, 수온은 23.1±0.5°C를 유지 하였으며, 실험어는 실험 시작시 까지 살아있는 상태의 미꾸라

지, *Misgurnus mizolepis*를 먹이로 공급하였다. 메기와 미유기는 표본 하루 전부터 먹이 공급을 중단하였다.

표본은 2004년 8월 3일에 실시하였다. 김 등 (1988)의 방법에 따라, 100 ppm 염산리도카인 (lidocaine-HCl, 흥성제약, 한국)/1,000 ppm 중탄산나트륨 (NaHCO<sub>3</sub>, Sigma, USA)으로 메기와 미유기의 성체 각 20마리 씩을 적정 마취시간 보다 길게 마취시킨 후 10% 포르말린 용액으로 충분히 고정시켰다.

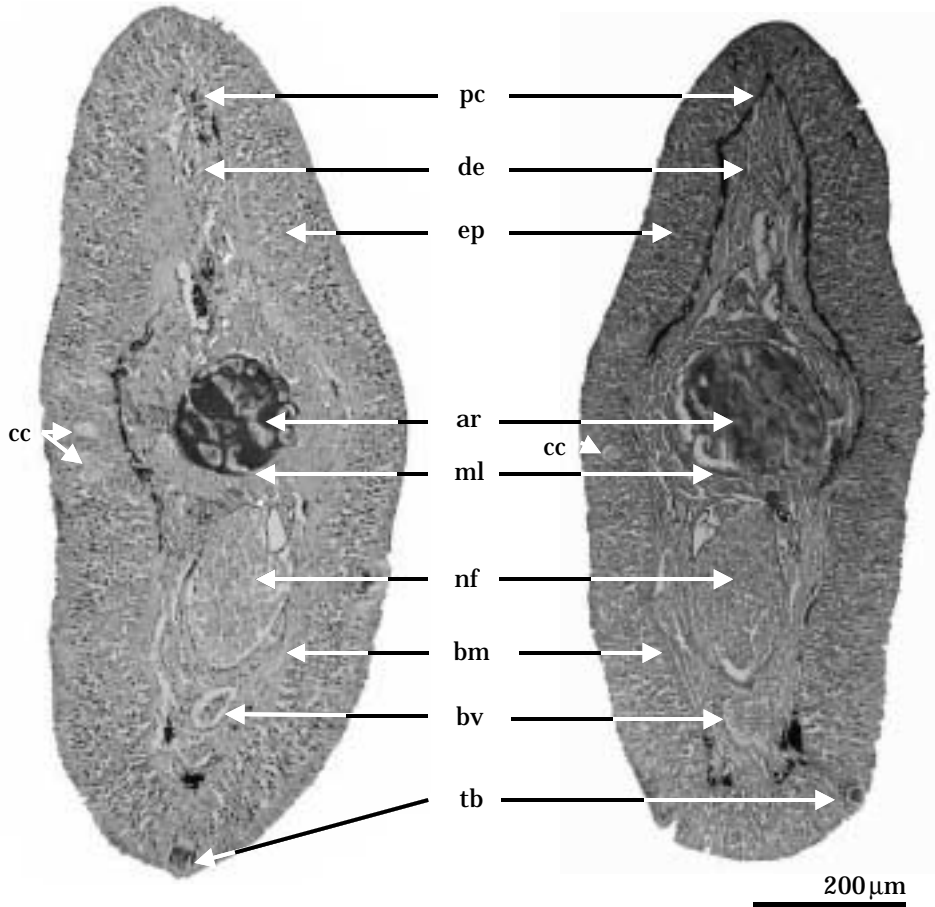
수염의 조직학적 관찰을 위하여, 고정된 메기와 미유기의 표본으로 부터 각각의 상악에서 수염을 절취한 후 10% 포르말린 용액에 재고정 하였다. 이후 상악 수염 표본을 Bouin 용액에 하룻동안 고정하였으며, Bouin 고정된 표본을 물에 충분히 수세하였다. 알콜 탈수와 Paraffin 포매과정을 거친 후 평상의 조직절편 (Section)법에 의하여 절편하였다. 각 상악 수염의 상부, 중부 및 하부에서 절단 두께 4~6 μm로 횡단 (Cross)절단과 종단 (Longitudinal)절단을 하였으며, Mayer's hematoxylin과 Eosin phloxine B 용액으로 염색하였으며, 검경 후 사진 촬영하였다.

각 종 상악의 각 수염 상부·중부·하부 부위에서 수염 중심을 지나는 종단절단 표본에서 표피 두께를 측정하여 해당 수염 단면에 대한 백분율로 나타내었으며, 아울러 상악 수염의 상부·중부·하부 부위에서 수염 중심을 지나는 종단 절단 표본에서의 단위 길이 (0.5 mm) 당 미뢰 수를 계수하였다. 20마리의 각 메기와 미유기에서의 결과의 통계적 유의성 검증을 위하여  $P < 0.01$  수준에서 t-test를 실시하였다.

## 결과 및 고찰

메기, *Silurus asotus*와 미유기, *S. microdorsalis*에는 공통적으로 4개의 입 수염이 존재 하였으며 상악에 1쌍 그리고 하악에 1쌍의 수염이 있었다. 이들 입 수염 상악의 수염을 메기와 미유기에서 관찰한 결과, 조직학적 측면에서 메기와 미유기 간 별다른 차이는 없었다 (Fig. 1). Atoda (1935)는 메기 자·치어에는 변하지 않는 수염 (permanent) 1쌍과 임시적인 (temporary) 수염 1쌍으로서 2쌍의 상악 수염이 존재하나 체장 40 mm 이상이 되면 임시적인 상악 수염 1쌍은 퇴화한다고 하였는 바, 이를 근거서 본 실험에 사용한 메기는 평균 전장 29.4 cm로 임시적인 수염이 없는 메기 개체들에 해당하였다.

Satō and Katagiri (1966)은 일본의 Biwa 호의 3종 메기류, *Parasilurus asotus*, *P. biwaensis* 및 *P. lithophilus*의 상악 수염을 조직학적으로 조사한 결과, 본 연구 결과와 마찬가지로 별다른 큰 차이를 발견하지 못하였는



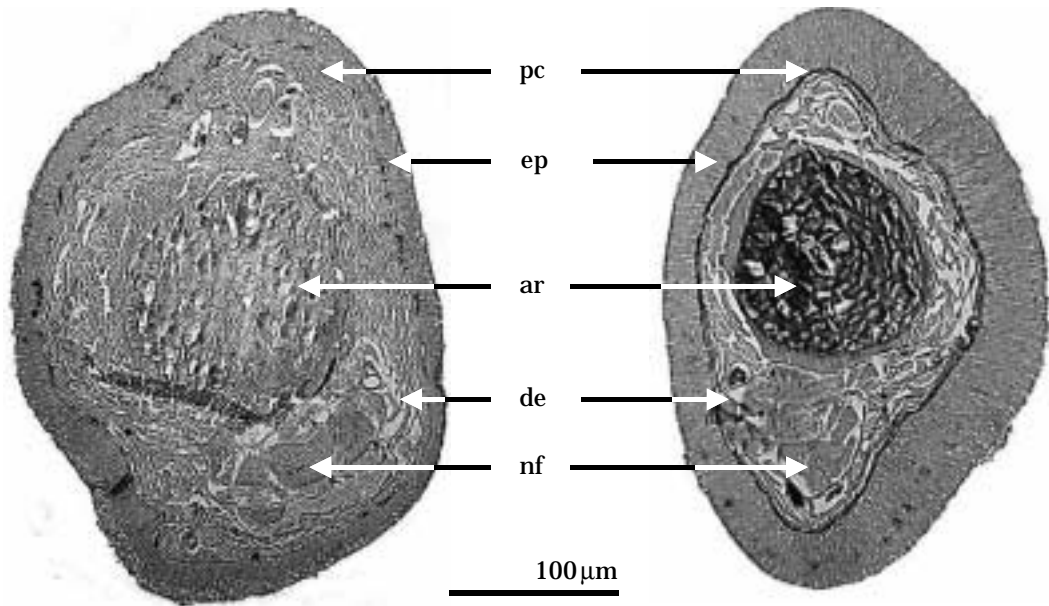
**Fig. 1.** Cross section of the upper part of mandibular barbel in Far Eastern catfish (left side) and slender catfish (right side). ar, Axial rod of cartilage; bm, Basement membrane; bv, Blood vessel; cc, Club cell; de, Dermis; ep, Epidermis; ml, Smooth muscle layer; nf, Bundle of nerve fibres; pc, Pigment cell; tb, Taste bud.

바, 이러한 메기류에서의 공통적인 수염의 조직학적 특징은 메기류에 있어서의 분류 기준이 될 수 있으리라 사료된다.

Baecker (1926)은 수염을 2가지 형으로 구분하여: (1) 연하고 유연한 수염 (Tender and yielding barbel)은 수염 축에 연골성 (cartilaginous) rod가 존재하지 않으며 진피 (dermis)는 혈관이 망상으로 산재하고, (2) 움직이지 않거나 (motionless) 굴절성 (flexible)이 있는 딱딱한 (stiff) 수염이 있으며 움직이지 않는 수염은 골성의 지지축으로 되어있고 굴절성 수염은 연골성 축을 가진다고 하였다. 이와 더불어 Sato (1937)는 수염을 2가지 군으로 구분한 바: (1) 수염 피부에 미뢰가 없는 수염, (2) 미뢰가 피부에 묻혀있는 수염, 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 (Ploymixia형)으로 세분화 하였다 (Satô,

1937).

상기의 수염 분류 기준들을 고려시 메기와 미유기의 각 수염은 수염축에 연골성 rod가 존재하며 미뢰가 피부에 묻혀있는 (메기형, goatfish 형과 미꾸라지형) 딱딱하고 굴절성 (stiff and flexible type)의 메기형임이 판명되었다. 이러한 우리나라 메기와 어류의 수염 특징은 Satô and Kapoor (1957)가 잉어형과 메기형 어류의 수염 특징은 Baecker (1926)가 보고한 연하고 유연한 수염과 굴절성 수염에 각각 해당된다고 한 보고와 일치한다. Fig. 1의 그림들 상부는 각 어체의 앞쪽 (Anterior)에 해당하는 부분으로서 Fig. 1의 하부 즉, 어체의 뒷부분에 비해 더욱 유선형으로 생겼다. 이와 같은 상악 수염의 유선형은 중부에서도 마찬가지였으나 상악 수염 하부에서는 Fig. 2에서와 같이 다소 원형에 가까운 형태를 보였다. 이와 같이 상악 수염 하부에 비해 상악 수염 중부와 상부에서의 어체 앞쪽이 뒤쪽 (Posterior)보다 뾰족한 유선형인 이유는, 메기와 미유기에서 상당히 길이가 큰



**Fig. 2.** Cross section of the lower part near to flapped base of mandibular barbel in Far Eastern catfish (left side) and slender catfish (right side). For abbreviations see Fig. 1.

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

Part of barbel	Thickness of epidermis (%)*	
	Far Eastern catfish	Slender catfish
Upper	72.7 ± 11.4 (21.6) <sup>a</sup>	40.1 ± 9.6 (9.1) <sup>b</sup>
Middle	87.2 ± 12.2 (12.3) <sup>a</sup>	93.1 ± 15.1 (15.8) <sup>a</sup>
Lower	85.5 ± 16.8 (8.4) <sup>a</sup>	124.0 ± 4.6 (16.6) <sup>b</sup>

\*Means ± standard error (μm) values are shown. Parentheses indicate the percentage thickness of epidermis to total mandibular barbel minor diameter in each species. Means sharing the same letter superscript on given dates are not significantly different (*t*-test, *P* < 0.01).

**Table 2.** Number of taste bud at each part of mandibular barbel of Siluridae in Korea

Part of barbel	No. of taste bud*	
	Far Eastern catfish	Slender catfish
Upper	17.8 ± 5.6 <sup>a</sup>	15.1 ± 3.0 <sup>a</sup>
Middle	5.3 ± 2.3 <sup>a</sup>	9.8 ± 2.0 <sup>b</sup>
Lower	2.8 ± 1.3 <sup>a</sup>	2.5 ± 1.1 <sup>a</sup>

\*Means ± standard error (μm) values are shown. Number of taste bud accounted along with the unit of 0.5 mm barbel length at each parts of mandibular barbel in Siluridae. Means sharing the same letter superscript on given dates are not significantly different (*t*-test, *P* < 0.01).

상악 수염(박 등, 2004)의 유연성 저항을 최소화 시키기 위한 적응 형태라 사료된다.

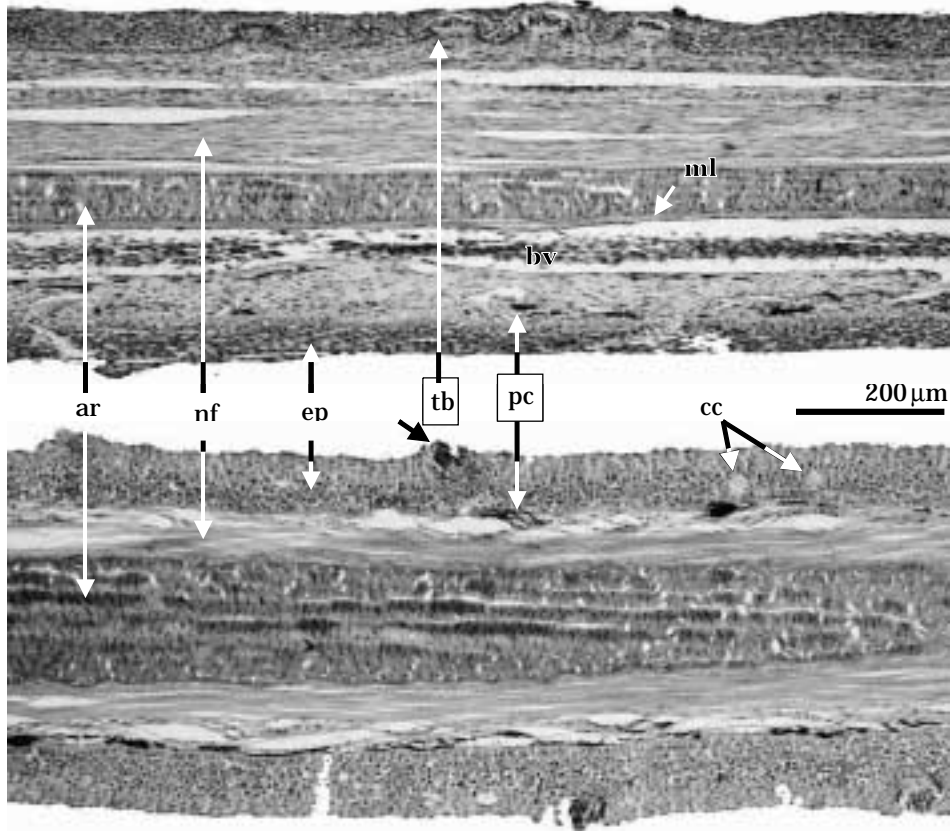
Fig. 1에서 보는 바와 같이 메기(Fig. 1의 왼쪽 그림)와 미유기(Fig. 1의 오른쪽 그림)의 수염은 공통적으로 표피(epidermis), 진피(dermis) 및 연골성(cartilaginous) rod의 3종류 주요 층으로 구성되었으며, Raffin-Peyloz (1955)는 이들을 수염에서 주변부, 중간부, 중심부라고 구별한 바 있다.

상악 수염의 표피는 표면부에서는 평편한 형인 층상의 상피세포로 이루어 졌으나 표피 기저부에서는 입방형의 상피세포로 이루어 졌다(Fig. 1의 ep, Fig. 2의 ep, Fig. 3의 ep 그리고 Fig. 4 a, b, c의 ep). 이러한 표피의 해당 수염 직경에 대한 비를 조사한 결과. 메기인 경우 상악 수

염의 상부에서 하부 기부로 갈수록 감소한 반면, 미유기인 경우 상부가 중부 및 하부에 비해 작았다(Table 1).

표피의 가장 끝 표면에는 약한 호염기성 세포질과 현저한 핵을 보이는 둥근띠 형태의 점액세포(mucous cell)가 존재하며(Fig. 4 a의 mc), 역시 표피의 표면 부위에 미뢰가 존재하였다(Fig. 1의 tb, Fig. 3의 tb, 그리고 Fig. 4 a, c의 tb). 어류 수염에서의 점액세포는 어체에서 피부 보호, 면역, 적으로 부터의 도망 역할이 있는 점액을 분비하는 기관으로서 Singh and Kapoor (1967)에 의해 Bagrid catfish, *Rita rita*에서 그리고 Kim *et al.* (2001)에 의해 Spined loach, *Iksookimia longicorpa*에서 그 존재가 파악된 바 있다.

어류에서의 수염은 육질성의 신장된 구조로 종간 차이를 보이기는 하지만, 촉각과 화학물질 감지 기능이 있



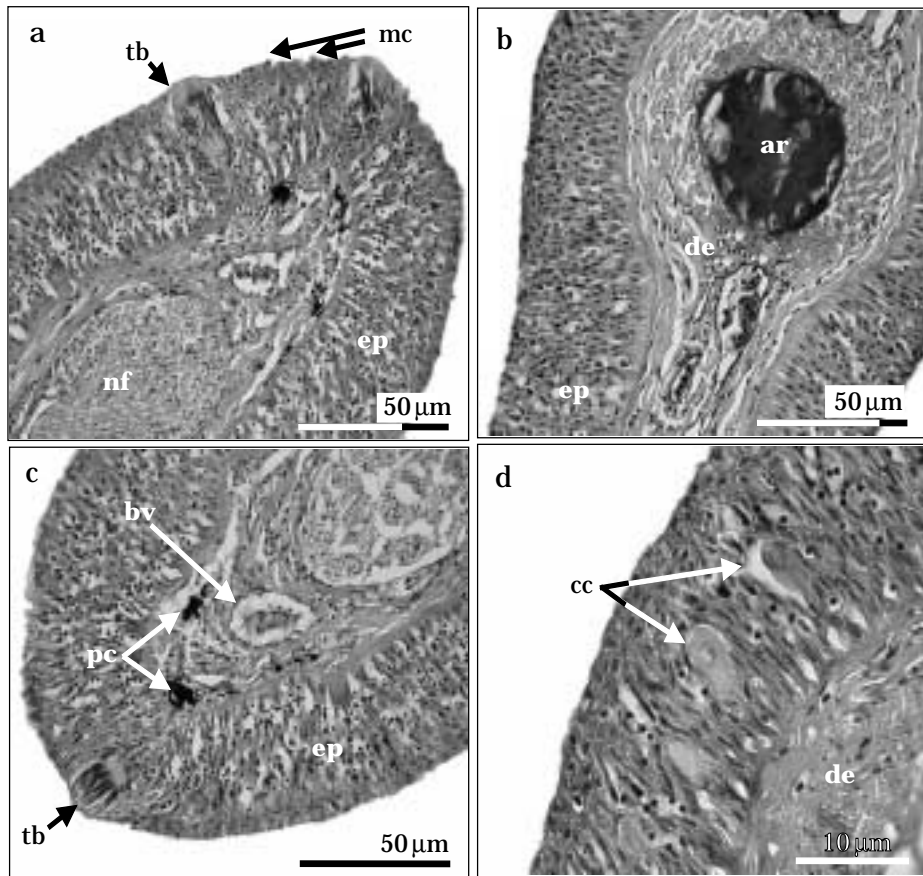
**Fig. 3.** Longitudinal section of the upper part of mandibular barbel in Far Eastern catfish (upper side) and slender catfish (lower side). For abbreviation see Fig. 1.

다 (Bond, 1996; Kim *et al.*, 2001). 이러한 어류 수염에서의 촉각과 화학물질 감지는 주로 미뢰에 의해 이루어지는 것으로 메기, 미유기에서의 미뢰는 호흡기성으로서 미뢰의 감각세포와 지지세포로 이루어 졌으며 신경세포도 관찰 되었다 (Fig. 4 a, c의 tb). 상악 수염의 부위별 미뢰 수를 살펴보면, 메기, 미유기에서 공통적으로 상부가 각각 평균 17.8개, 평균 15.1개로 중부와 하부로 갈수록 미뢰 수가 줄어들었다 (Table 2).

미뢰 수는 메기가 미유기에 비해 상악 수염의 상부와 중부에서 다소 많았으며 ( $P < 0.01$ ), 미뢰는 전반적으로 메기, 미유기의 상악 수염에서 개체를 기준한 앞쪽 보다는 개체를 기준한 뒤쪽의 표피 표면에 더욱 많이 분포 하였다. 미뢰의 수 및 상악 수염의 굴절성을 고려시 메기 및 미유기에서의 촉각 및 화학물질 감지 기능은 상악 수염의 상부가 가장 높은 것으로 파악된다. 미뢰는 화학물질 수용과 미각 역할의 동시 기능이 있는 것으로, 일부 어종은 이러한 2가지 기능 중 한가지 기능만 가지는 경우도 있으며, 다른 일부 어종은 촉각과 수온 감지 기능까지도 가지는 경우가 있다 (Moore, 1950).

상악 수염 상부 표피 중층에는 club cell이 존재 하였으며 (Fig. 1의 cc와 Fig. 3의 cc), 이러한 club cell은 주위 표피 상피세포에 비하여 컸으며, 그 크기는 다양 하였고, 세포질은 eosin에 의해 약하게 염색되었다 (Fig. 4 d의 cc). *Mystus vittatus*인 경우 미뢰, 점액세포 및 이러한 club cell이 존재하지 않아서 수염은 미각의 기능이 없고 단지 촉각의 기능만 가지게 된다 (Agarwal and Rajbanshi, 1965).

진피는 기저막 (basement membrane) (Fig. 1의 bm)에 의해 표피와는 구별되고, 진피는 느슨한 결합조직으로 이루어 졌으며 (Fig. 1의 de, Fig. 2의 de, Fig. 3의 de 그리고 Fig. 4 b, d의 de), 표피층과 접합은 기저막 아래 진피층 상부에는 색소세포 (pigment cell) (Fig. 1의 pc, Fig. 2의 pc, Fig. 3의 pc 그리고 Fig. 4의 pc), 혈관 (blood vessel) (Fig. 1의 bv, Fig. 3의 bv 그리고 Fig. 4 c의 bv) 및 신경섬유 (nerve fibre) (Fig. 1의 nf, Fig. 2의 nf, Fig. 3의 nf 그리고 Fig. 4 c의 nf)가 존재하였다. 색소세포는 상악 수염의 상부와 중부에서는 개체 기준시 앞쪽 전반부에 균일하게 많은 반면 상악 수염의 하부에서는 상악 수염



**Fig. 4.** A part of a cross section of the upper part of mandibular barbel in slender catfish. a: Epidermis (ep), Mucous cell (mc), Bundle of nerve fibres (nf) and Taste bud (tb); b: Axial rod of cartilage (ar), Dermis (de) and Epidermis (ep); c: Blood vessel (bv), Epidermis (ep), Pigment cell (pc) and Taste bud (tb); d: Club cell (cc) and Dermis (de).

전체에 고르게 분포 하였는 바, 이러한 상이한 상악 수염 부위별 색소세포 분포가 상이한 이유는 메기과 어류의 광수용과 연관된 저서생활 특성에 기인된 것으로 사료된다.

연골성 중축은 상악 수염의 가장 중심 부위에 위치한 연골성 조직으로서, 각 연골세포는 그 형태가 불규칙하며 핵을 가지고 있었다 (Fig. 1의 ar, Fig. 2의 ar, Fig. 3의 ar 그리고 Fig. 4 b의 ar). 연골세포는 희박한 섬유를 포함하고 있었고, 중앙에는 혈관이 존재 하였으며, 연골성 중축은 상악 수염의 길이를 따라 연장되어 지지 역할을 하는 축 기능을 가진다 (Fig. 1의 ar, Fig. 2의 ar 그리고 Fig. 3의 ar). 연골성 중축은 횡축으로 형성된 환상의 평활근 층 (Smooth muscle layer)에 의해 둘러 싸여져 있었다 (Fig. 1과 Fig. 3의 ml).

어류 수염은 재생 능력이 있으므로 (Satô and Katagiri, 1966; Satô and Takahashi, 1968), 차후 미유기에서의 재생 능력에 관한 평가가 필요하며, 메기과 어류에서의 미

뢰의 기능과 관련된 제반 연구가 수반되어야 하리라 사료된다.

### 적 요

한국의 메기과 (Siluridae) 어류의 수염을 조직학적으로 조사하였다. 메기, *Silurus asotus*의 상악 수염은 연골성 중축을 감싸는 진피와 표피로 구성 되었다. 표피층에는 점액세포, 과립형세포 및 미뢰가 있었다. 세포질이 약한 호염기성을 보이는 점액세포와 호염기성을 보이는 미뢰는 각각 표피의 표면과 표피 말단 부위에 위치 하였다. 표피와 진피는 기저막으로 구분되며 진피는 소성 결합조직으로 구성 되었으며 신경세포와 혈관이 내재하고 있었다. 수염의 가장 내부에 연골성 중축이 존재 하였으며 근육층으로 둘러싸여 있었다. 미유기, *S. microdorsalis*의 상악 수염 구조는 메기의 상악 수염 구

조와 비교시 별다른 차이는 보이지 않았으나, 상악 상부와 하부에서의 표피 % 두께 및 상악 상부와 중부에서의 미뢰 수에 있어 미유기는 메기에 비해 차이를 보였다. 본 연구결과 메기와 미유기의 상악 수염은 딱딱하고 굴절성형(stiff and flexible type)으로 파악 되었다.

### 인 용 문 헌

- Agarwal, V.P. and V.K. Rajbanshi. 1965. Morphology and histology of the cutaneous sense organs of *Mystus vittatus* (Bl.). Proc. Ind. Acad. Sci., B, 61 : 39~48.
- Atoda, K. 1935. The larvae of the catfish: *Parasilurus asotus* L. Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. (Biol.), X : 29~32.
- 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., Saunders College Publ. Co., New York, 750 pp.
- Bone, Q., N.B. Marshall and J.H.S. Blaxter. 1995. Biology of Fishes, Chapman & Hall. 332 pp.
- Harder, W. 1975. Anatomy of Fishes. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele U. Obermiller) Stuttgart, Hans Richarz, Publikations-Service, 5205 Sankt Augustin. 612 pp.
- Hibiya, T. 1982. An Atlas of Fish Histology. Gustav Fisher Verlag, Wollgrasweg. 147 pp.
- Kim, D.S., E.-H. Park and J.S. Kim. 1982. Karyotypes of nine species of the Korean catfishes (Teleostomi: Siluriformes). Kor. J. Genetics, 4 : 57~68.
- Kim, I.-S., S.-Y. Kim and J.-Y. Park. 2001. Histological observation of the barbel in the spined loach, *Iksookimia longicarpa* (Cobitidae). Korean J. Ichthyol., 13 : 24~27.
- Kwon, A.-S. and K.H. Kim. 2004. A comparison of ultra-structures of spermatozoa of two catfish, *Silurus asotus* and *S. microdorsalis* (Teleostei: Siluridae). Korean J. Ichthyol., 16 : 128~134.
- Moore, G.A. 1950. The cutaneous sense organs of barbeled minnows adapted to life in the muddy water of the Great Plains Region Trans. Amer. Micros. Soc., 69 : 69~95.
- Raffin-Peyloz, R. 1955. Etude histologique des barbillons de quelques poissons d'eau douce. Trav. Lab. Hydrob. Pisc. Univ. Grenoble, Xlii : 73~97.
- Satô, M. 1937. Histological observations on the barbels of fishes. Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., Biol., Xii : 265~276.
- 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, xxx : 156~161.
- Satô, M and M. Takahashi. 1968. Histological observation of the regeneration of the maxillary barbels of the loach, *Misgurnus anguillicaudatus*. Jap. J. Ichthyol., 15 : 1~6.
- 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.
- Singh, C.P. and B.G. Kapoor. 1967. Histological observation on the barbels of a bagrid catfish, *Rita rita* (H<sub>AM</sub>). Jap. J. Ichthyol., 14 : 197~202.
- 김동수 · 방인철 · 전세규 · 김연환. 1988. 인체용 마취제인 리도카인이 수 중의 양식어류에 미치는 효과. 한국어병학회지, 1 : 59~64.
- 김용억. 1989. 어류학총론. 태화출판사, 부산, 270 pp.
- 김익수 · 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사, 서울, 465 pp.
- 박인석 · 임재현 · 허준욱. 2004. 한국의 메기과 (Siluridae) 어류 계측형질 특징. 한국어류학회지, 16 : 223~228.

Received: November 2, 2004

Accepted: January 4, 2005