

한국산 꺾저기(*Coreoperca kawamebari*) 자치어의 골격발달

한경호 · 박준택¹ · 이성훈 · 진동수² · 박재민^{3*}

전남대학교 해양기술학부, ¹전라남도 해양수산과학관, ²경상남도청, ³경상북도 토속어류산업화센터

Osteological Development of the Larvae and Juveniles in Aucha Perch *Coreoperca kawamebari* (Perciformes: Centropomidae) in Korea

Kyeong Ho Han, Jun Taek Park¹, Sung Hun Lee, Dong Soo Jin² and Jae Min Park^{3*}

Marine Technology Undergraduate, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

¹Maritime and Fisheries Science Museum, Yeosu 59771, Korea

²The Provincial Office of Gyeongsangnam-Do, Changwon 51154, Korea

³Gyeongsangbuk-Do Native Fish Business Center, Uiseong 37366, Korea

Samples were obtained from broodstock in May, 1998, while naturally fertilized embryos were maintained and the process of skeletal development was observed from larvae and juveniles. Prelarvae immediately after hatching showed an average total length of 5.38±0.41 mm (n=10), premaxillary and dentary were ossified, parasphenoid was ossified in the cranium, and centrum and caudal bone did not ossify. Prelarvae showed ossification with maxillary, articular and epiphyal and branchiostegal rays of hyoid arch were ossified at 5 days after hatching with an average total length of 6.40±0.39 mm (n=10). The vertebrae began to ossify in the direction of the tail, and neural spine began to ossify above the ossified vertebra. Postlarvae showed ossification of lateral ethmoid, parietal, and caudal skeleton in the cranium when the average total length was 7.30±0.12 mm (n=10) in 8 days after hatching. At 22 days after hatching, postlarvae ossified maxillary in the cranium, and ossified endopterygoid and ectopterygoid, etc. in the palate, when the average length of 11.1±1.27 mm (n=10). At 32 days after hatching, with the average length was 12.8±1.97 mm (n=10), caudal skeleton had one additional epural bone ossification, resulting in ossification of a total of 3 epural bone to complete ossification of all spicules.

Key words: *Coreoperca kawamebari*, Juveniles, Larvae, Osteological development

서 론

꺾저기(*Coreoperca kawamebari*)는 농어목(Perciformes) 꺾지과(Centropomidae) 꺾지속(*Coreoperca*)에 속하는 어류로 우리나라에는 꺾저기를 비롯한 꺾지(*C. herzi*) 2종이 분포한다(Kim et al., 2005). 서식지는 물의 흐름이 느리고, 바닥에 자갈과 돌이 깔려있으며, 수초가 있는 곳을 선호하며, 우리나라 서남해를 흐르는 하천과 동해 남부로 흘러드는 하천에 서식하고, 탐진강, 보성강 및 영산강 등 일부 하천에서만 서식하는 것으로 알려져 있다. 또한 분포지역은 우리나라뿐만 아니라 일본 교토, 후쿠야마, 큐슈 지쿠젠 상류 및 산요오의 유하강 상류에도 분포하는 것으로 알려져 있다(Kim and Park, 2002; Kim et al., 2005). 그러나 최근 하천의 댐과 보 건설, 하상정비 등으로

서식지가 파괴되어 그 수가 급격히 줄어들고 있는 실정이다. 따라서 환경부에서는 개체수의 급감을 막기 위해 2012년 멸종위기야생동식물 II급으로 지정하여 보호하고 있다(NIBR, 2018).

꺾저기에 대한 연구로는 산란습성 및 초기생활사(Han et al., 2000), 분포 및 어류군집구조(Kim et al., 2013) 등이 수행되었으나 골격에 대한 기초자료는 부족한 실정이며, 같은 과에 속하는 꺾지(Han et al., 2017) 및 쏘가리(*Siniperca scherzeri*, Myoung et al., 2001) 등에 대해서는 자치어 골격발달 연구를 통해 내부형태에 대한 분류학적 차이점을 확인할 수 있었다.

자치어 골격발달에 대한 관심과 지식은 종자생산 과정 중 사육초기에 발생하는 골격의 이상을 탐지하고 제거하는데 필수적이며(Koumoundouros et al., 1997a, b), 유어기의 계통분류학적 기초형질을 제공하고 있어 이 분야에 대한 연구가 활발하

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0170>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Korean J Fish Aquat Sci 51(2) 170-177, April 2018

Received 31 January 2018; Revised 5 March 2018; Accepted 6 March 2018

*Corresponding author: Tel: +82. 54. 830. 8833 Fax: +82. 54. 830. 8809

E-mail address: jml1090@korea.kr

다(Mook, 1977; Potthoff et al., 1987; Potthoff et al., 1988; Potthoff and Tellock, 1993; Liu, 2001; Sfakianakis et al., 2004; Coban et al., 2009).

꼭지기는 같은 속 어류인 꼭지와 생김새가 유사하여 체고, 눈의 크기, 양안간격 및 측선비늘 수에서 차이를 나타내 육안으로 분류하기 다소 어려움이 있을 수 있다(Kim et al., 2005). 따라서 이 연구에서는 꼭지기 자치어의 발달 단계별 골격발달 과정을 관찰하여 종 보존을 위한 기초자료 확보와 더불어 유사종과의 차이점을 밝히고, 종 동정을 위한 분류학적 연구 자료로 제공하고자 한다.

재료 및 방법

시료확보 및 사육관리

실험에 사용된 꼭지기는 멸종위기야생동식물 II급으로 지정되기 전인 1998년 2월부터 6월까지 전남 장흥군에 위치한 탐진강 지류하천에서 반두를 이용하여 어미를 채집 후 연구실로 운반하였고, 사육수조(90×45×30 cm)에서 관리하던 중 5월경 어미(전장 8.0 cm, n=1)로부터 산란된 수정란 700-750개(평균 730개)를 확보하여 사육하였다. 부화된 자어는 수온 18.6-22.0℃ (평균 20.3±2.40℃) 범위에서 관리하였고, 먹이는 난황흡수 완료 후부터 *Artemia* sp. nauplius 유생을 mL당 2-3개체 정도 공급하였고, 치어기로 이행하면서부터 순차적으로 배합사료를 공급하였다. 수질관리는 저면여과기를 이용해 순환여과식으로 사육하였고, 사육수는 1주일에 1회 50%씩 환수시켜주었다.

골격염색

골격염색을 위해 자치어는 부화 직후부터 치어기로 이행하기까지 4-5일 간격으로 10마리씩 10% 중성 포르말린에 고정 후 보관하였다. 보관된 자치어 샘플은 2010년 전남대학교 자원생물실험실에서 Walker and Kimmel (2007)의 이중염색방법을 사용하였으며, 염색된 자치어는 실체현미경(Nikon SMZ800, Japan)을 이용하여 관찰 및 스케치하였으며, 골격의 각 부위 명칭은 Kendall (1991), Okiyama (1988), Byun et al. (2012), Kang et al. (2012)을 인용하였다.

결 과

꼭지기 자치어의 골격발달 과정은 다음과 같았다(Fig. 1, 2; Table 1-Table 3). 부화 직후의 전기자어는 전장 5.09-5.68 (평균 5.38±0.41, n=10) mm로 입과 항문이 열려있었고, 난황을 가지고 있었다. 두개골에는 기저를 형성하는 부설골(parasphenoid)이 골화하였고, 섭이기능 역할을 하는 윗턱의 전상악골(premaxillary), 아래턱에 치골(dentary)이 골화하기 시작하였으며, 견대부에는 쇄골이 골화하였다. 척추와 추체(centrum)는 골화하지 않았고, 척삭(notochord)으로 이루어져 있었으며, 꼬

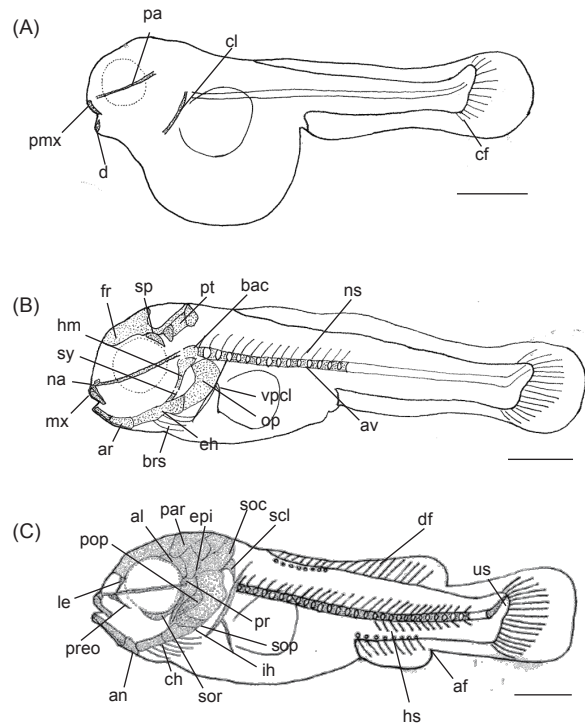


Fig. 1. Development stage of prelarvae and postlarvae of skeleton in aucha perch *Coreoperca kawamebari*. A: Newly hatched larva, 5.38 mm in total length (TL); B: 5 days after hatching, 6.40 mm in TL; C: 8 days after hatching, 7.30 mm in TL. af, anal fin; al, ali-sphenoid; an, angular; ar, articular; av, abdominal vertebrae; bac, basioccipital; brs, branchiostegal rays; ch, ceratohyal; cl, clavicle; cf, caudal fin; d, dentary; df, dorsal fin; eh, epihyal; epi, epiotic; fr, frontal; hm, hyomandibular; hs, hemal spine; ih, interhyal; le, lateral ethmoid; mx, maxillary; na, nasal; ns, neural spine; op, opercle; pa, parasphenoid; par, parietal; pmx, premaxillary; pop, preopercle; pr, prootic; preo, preorbital=lucrymal; pt, pterotic; sp, sphenotic; scl, supracleithrum; soc, supraoccipital; sop, subopercle; sor, suborbital; sy, sympletic; us, urostyle; vpcl, ventral post cleithrum. Scale bars=1.0 mm.

리 끝의 미부는 45°로 휘어져 있었다. 꼬리지느러미에는 10-12개의 줄기가 형성되었다(Fig. 1A).

부화 후 5일째 후기자어는 전장 6.12-6.68 (평균 6.40±0.39) mm로 난황은 대부분 흡수가 되었고, 먹이를 섭취하는 것이 관찰되었다. 윗턱에는 주상악골(maxillary)이 골화하였고, 구개부에는 설악골(hyomandibular), 접속골(sympletic), 아래턱의 관절골(articular)이 골화하였으며, 설궁부의 상설골(epihyal)과 4개의 새조골(branchiostegal rays)이 골화하였다. 두개골은 기저후두골(basioccipital)과 눈의 위쪽에 액골(frontal), 설이골(sphenotic), 익이골(pterotic)이 골화하였고, 주상악골 위쪽에는 비골(nasal)이 골화하였다. 새개부에는 주새개골(opercle)이 골화하였고, 쇄골의 아래쪽에는 하후쇄골(ventral post

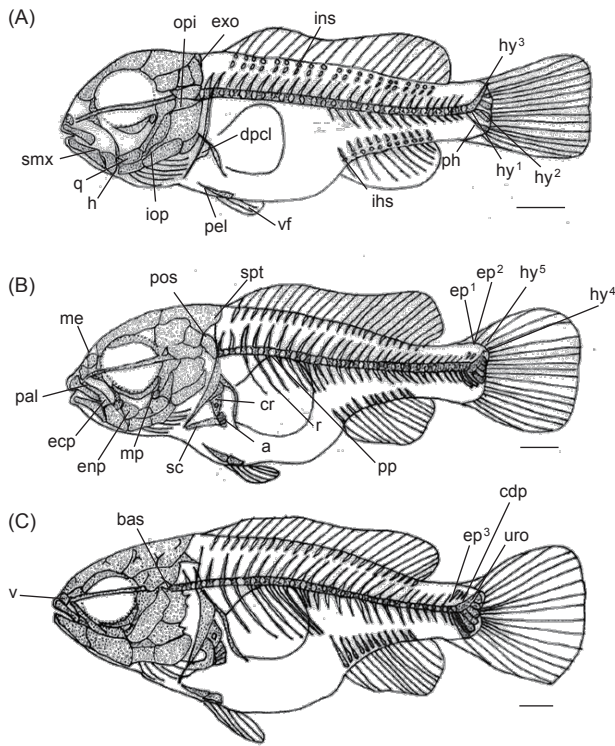


Fig. 2. Development stage of postlarvae and juveniles of skeleton in aucha perch *Coreoperca kawamebari*. A: 17 days after hatching, 9.07 mm in total length (TL); B: 22 days after hatching, 11.1 mm in TL; C: 32 days after hatching, 12.8 mm in TL. a, actinost; bas, basisphenoid; cdp, caudal bony plate; cr, coracoid; dpcl, dorsal post cleithrum; ecp, ectopterygoid; ep, epural bone; enp, endopterygoid; exo, exoccipital; h, hypohyal; hy, hypural bone; ihs, interhemal spine; ins, interneural spine; iop, interopercle; me, mesethmoid; mp, metapterygoid; opi, opisthotic; pal, palatine; pel, pelvic bone; ph, parhypural bone; pos, posttemporal; pp, parapophysis; q, quadrate; r, rib; sc, scapula; smx, supramaxillary; spt, supraposttemporal; uro, uroneural; v, vomer; vf, ventral fin. Scale bars=1.0 mm.

cleithrum)이 골화하였으며, 척추에는 15개의 복추골(abdominal vertebrae)과 위쪽에는 신경극(neural spine)이 골화하기 시작하였다(Fig. 1B).

부화 후 8일째 후기자어는 전장 7.22-7.39 (평균 7.30±0.12) mm로 두개골의 전단부에는 측사골(lateral ethmoid)이 골화하였고, 후반부에 익설골(alisphenoid), 노정골(parietal), 전이골(prootic), 상이골(epiotic), 상후두골(supraoccipital)이 골화하였으며, 안와부에는 안전골(preorbital=lucrymal), 안하골(suborbital)이 골화하였다. 설궁부에는 각설골(ceratohyal), 간설골(interhyal)이 골화하였고, 구개부에는 아래턱에 각골(angular)이 골화하였으며, 새개부의 전새개골(preopercle)과 주새개골아래에 하새개골(subopercle)이 골화하였다. 척추에는 12개의

미추골이 골화하였고, 아래쪽에는 혈관극(hemal spine)이 골화하기 시작하였으며, 꼬리 끝에는 미부봉상골(urostyle)이 골화하였다. 견대부에는 쇄골 상단부에 상쇄골(supracleithrum)이 골화하였고, 각 부위별 지느러미 줄기 수는 등지느러미(dorsal fin)에 극조 8개, 연조 10-11개가 형성되었으며, 뒷지느러미(anal fin) 연조는 7-10개 형성되었다(Fig. 1C).

부화 후 17일째 후기자어는 전장 8.72-9.42 (평균 9.07±0.49) mm로 주상악골과 치골에 작은 이빨이 여러 개 관찰되었고, 두개골에는 외후두골(exoccipital), 후이골(opisthotic)이 골화하였으며, 구개부에는 방골(quadrate), 설궁부에는 하설골(hypohyal)이 골화하였다. 새개부에는 간새개골(interopercle)이 골화하였고, 주상악골의 끝 쪽 상단부에는 상주상악골(supramaxillary)이 골화하였다. 척추골은 11+18개, 총 29개로 증가하였고, 미골부에는 미부봉상골 아래쪽에 준하미척골(parhypural bone) 1개와 하미척골(hypural bone) 3개가 골화하였고, 등지느러미와 뒷지느러미를 지지하는 신경간극(interneural spine)과 혈관간극(interhemal spine)이 골화하였다. 견대부에는 상후쇄골(dorsal post cleithrum)이 골화하였고, 배지느러미(ventral fin)는 2개의 줄기가 형성되었으며, 앞쪽에는 지지할 수 있는 요대골(pelvic bone)이 골화하였다(Fig. 2A).

부화 후 22일째 후기자어는 전장 10.2-12.0 (평균 11.1±1.27) mm로 두개골에는 중사골(mesethmoid)이 골화하였고, 구개부에는 내익상골(endopterygoid), 외익상골(ectopterygoid), 후익상골(metapterygoid) 및 구개골(palatine)이 골화하였다. 미골부에는 신경극과 미부봉상골 사이에 2개의 상미척골(epural bone)과 아래쪽에는 하미척골 2개가 추가로 골화하였다. 견대부에는 상측두골(supraposttemporal), 후측두골(posttemporal), 견갑골(scapula), 오웬골(coracoid) 및 4개의 사출골(actinost)이 골화하였고, 복추골 아래쪽에는 측돌기(parapophysis)와 6개의 늑골(rib)이 골화하였다. 각 부위별 지느러미 줄기 수는 등지느러미 극조 12개, 연조 12-13개, 뒷지느러미 극조 3개, 연조 8-10개, 배지느러미 극조 1개 연조 4-5개로 증가하였다(Fig. 2B).

부화 후 32일째 치어는 전장 11.4-14.2 (평균 12.8±1.97) mm로 두개골에는 기저설골(basisphenoid) 및 서골(vomer)이 골화하였고, 미골부에는 1개의 상미척골이 추가로 골화하면서 총 3개의 상미척골이 골화하였다. 상미척골과 미부봉상골 사이에는 미골판(caudal bony plate)이 골화하였고, 다섯 번째 하미척골 위쪽에는 신경골(uroneural)이 골화하면서 모든 골편들의 골화가 완성되었다(Fig. 2C).

고 찰

농어목 어류는 두개골과 지느러미의 발달이 부화 이후에 관찰되나 (Matsuoka, 1985; Koumoundouros et al., 1997b, 2001a, 2001b; Fauston and Power, 1999; Sfakianakis et al., 2004, 2005), 연어과 어류는 부화 이전에 두개골과 지느러미의

Table 1. The developmental process of cranium and orbital region of aucha perch *Coreoperca kawamebari*

Days after hatching	0	1	5	8	13	17	22	32
Total length (mm)	5.09-5.68	5.25-5.79	6.12-6.68	7.22-7.39	8.12-8.44	8.72-9.42	10.2-12.0	11.4-14.2
Cranium	parasphenoid	—————>						
	basioccipital	—————>						
	nasal	—————>						
	frontal	—————>						
	sphenotic	—————>						
	pteroic	—————>						
	lateral ethmoid	—————>						
	alisphenoid	—————>						
	parietal	—————>						
	prootic	—————>						
	epiotic	—————>						
	supraoccipital	—————>						
	exoccipital	—————>						
	opisthotic	—————>						
	mesethmoid	—————>						
basisphenoid	—————>							
vomer	—————>							
Orbital region	preorbital	—————>						
	suborbital	—————>						

골격 발달이 시작되는 것으로 알려져(Kendall et al., 1984), 본 종은 농어목 어류와 유사한 양상을 나타내었다.

꼭저기는 부화 직후 입의 움직임과 가슴의 막지느러미로 수영이 가능한 것을 관찰할 수 있었다. 골격의 발달과정을 살펴본 결과 윗턱의 전상악골과 아래턱의 치골이 최초로 발달하면서 생존을 위한 섭이기능이 먼저 발달하는 것으로 보여지며, 수영 기능 역할을 하는 견대부의 쇄골과 꼬리지느러미의 줄기가 발달하는 것이 관찰되었다. 마찬가지로 꼭저기의 섭이, 수영기능이 우선적으로 발달하는 양상은 같은 과 어류인 꼭저(Han et al., 2017)에서도 관찰되었고, 다른 과에 속하는 썸뱅이 *Sebastiscus marmoratus* (Kim et al., 1997)와 붉은썸뱅이 *S. tertius* (Han et al., 2001), 황점볼락 *Sebastes oblongus* (Byun et al., 2012), 갯방어 *Seriola dumerili* (Liu, 2001), 볼락 *S. inermis* (Kim et al., 1993) 및 조피볼락 *S. schlegelii* (Kim and Han, 1991), 북어목 어류인 줄복 *Takifugu pardalis* (Han et al., 2005), 망둑어과 어류인 미끈날망둑 *Chaenogobius laevis* (Kim and Han, 1989) 등에서도 확인할 수 있었다. 턱을 구성하는 악골은 섭이와 호흡에 필요한 중요한 골격요소로서 대부분의 어류에서 골화가 우

선적으로 일어나는 부위이며(Vandewalle et al., 1997), 섭이기능 보다 수영기능이 우선적으로 발달하는 청베도라치과 어류 저울베도라치 *Entomacrodus stellifer lighti* (Kim et al., 1992), 점농어 *Lateolabrax maculatus* (Kang et al., 2012), 능성어 *Epinephelus septemfasciatus* (Park et al., 2015) 등 어종별로 다양한 골격발달 양상을 나타냈다.

입의 개구와 섭이기능과 관련된 골격이 발달하면서 쇄골이 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Wagemans and Vandewalle, 1999). 꼭저기는 견대부 골격 중 견갑골에 둥근모양의 체공(foramen)이 1개 형성된다. 이러한 현상은 같은 과 어류인 꼭저(Han et al., 2017)에서도 관찰되었고, 참돔 *Pagrus major* (Matsuoka, 1987), 황돔 *Dentex tumifrons* (Koumoundouros et al., 2001b), 자리돔류(Emery, 1973)에서도 나타났으며, 주로 농어목 어류에서 나타나는 전형적인 형질로 알려져 있다고 하였으나 점농어(Kang et al., 2012)의 경우 견갑골에 구멍이 형성된 후 오웬골에도 체공이 형성되었다 사라지는 특징을 보여 다른 농어목 어류 자치어의 골격발달 변화에 대한 자세한 연구가 필요할 것으로 보인다(Koumoundouros et al., 2001b). 또

Table 2. The developmental process of caudal skeleton, shoulder girdle and vertebrae of aucha perch *Coreoperca kawamebari*

Days after hatching	0	1	5	8	13	17	22	32
Total length (mm)	5.09-5.68	5.25-5.79	6.12-6.68	7.22-7.39	8.12-8.44	8.72-9.42	10.2-12.0	11.4-14.2
Caudal skeleton	urostyle							
	hypural bone							
	1st-3rd							
	4th-5th							
	parhypural bone							
	epural bone							
	1st-2nd							
	3th							
	caudal bony plate							
	uroneural							
Shoulder girdle	clavicle							
	ventral post cleithrum							
	supracleithrum							
	dorsal post cleithrum							
	pelvic bone							
	supraposttemporal							
	posttemporal							
	scapula							
	coracoid							
	actinost							
Vertebrae	notochord							
	neural spine							
	hemal spine							
	parapophysis							
	interhemal spine							
	interneural spine							
	rib							

한 쏜뱅이목 어류인 쏜뱅이(Kim et al., 1997), 붉은쏜뱅이(Han et al., 2001), 조피볼락(Kim and Han, 1991), 동갈치목 어류인 전력날치 *Cheilopogon heterurus doederleini* (Dasilao and Yamaoka, 1998), 복어목 어류인 *Balistes capriscus* (Matsuura and Katsuragawa, 1984) 등 다른 분류군에서도 형성되는 것으로 보아 농어목 어류뿐만 아니라 모든 어류에서 일반적으로 형성되는 전형적인 형질로 보여 진다.

꺾저기의 척추골 발달은 두개골에서 꼬리방향으로 발달하였

고, 척추골의 골화가 완료되기 전 미부봉상골이 골화하기 시작하였다. 꺾저기의 척추골 수는 27-30개였고, 꺾지는 30-34개, 쏘가리는 29개로 차이를 보여 분류학적 형질로서 유용하게 활용될 것으로 판단된다. 척추골 발달은 같은 과 어류인 꺾지(Han et al., 2017)에서도 유사하게 나타났고, 두 종은 모두 복추골이 먼저 발달하였으며, 다음으로 신경극이 골화하였다. 그러나 근연종인 쏘가리(Myoung et al., 2001)는 복추골의 발달이전에 신경극이 우선적으로 골화하여 차이를 보였다.

Table 3. The developmental process of visceral skeleton of aucha perch *Coreoperca kawamebari*

Days after hatching		0	1	5	8	13	17	22	32	
Total length (mm)		5.09-5.68	5.25-5.79	6.12-6.68	7.22-7.39	8.12-8.44	8.72-9.42	10.2-12.0	11.4-14.2	
Visceral skeleton	Upper jaw	premaxillary	→							
		maxillary	→							
		supramaxillary	→							
	Lower jaw	dentary	→							
		articular	→							
		angular	→							
	Hyoid arch	epihyal	→							
		branchiostegal rays	→							
		ceratohyal	→							
		interhyal	→							
	Palate	hypohyal	→							
		hyomandibular	→							
		symplectic	→							
		angular	→							
		quadrate	→							
	Opercular	endopterygoid	→							
		ectopterygoid	→							
		metapterygoid	→							
		palatine	→							
	Opercular	preopercle	→							
opercle		→								
subopercle		→								
interopercle		→								

지느러미의 발달은 전방의 등지느러미가 발달되기 이전에 후방의 등지느러미와 뒷지느러미가 먼저 발달하기 시작하는 것이 농어목 어류의 일반적인 발달 양상으로 알려져 있다(Johnson, 1984; Faustino and Power, 1999). 꼭저기는 전방의 등지느러미와 후방의 등지느러미 및 뒷지느러미가 순차적으로 발달하였고, 꼭지(Han et al., 2017)는 등지느러미가 발달되기 이전에 후방의 등지느러미와 뒷지느러미가 발달하여 전형적인 농어목 어류의 지느러미 발달 양상을 보였다. 꼭저기를 비롯한 꼭지(Han et al., 2017), 쏘가리(Myoung et al., 2001) 등은 지느러미를 지지하는 담기골이 전방에서 후방으로 골화하였고, 모든 담기골은 추체의 골화 및 지느러미 줄기 발달이 완성된 후 완료되었다. 이처럼 척추골의 골화와 지느러미의 줄기 발달이 완성된 후에 담기골의 골화가 완료되는 것은 어류가 유명하는데 있어 추진

력을 증가시키는 것과 관련이 있는 것으로 보여 진다(Lee et al., 2001; Han et al., 2017).

꼭저기의 미골부는 부화 직후 미부봉상골의 골화가 진행되지 않았으나 45°로 휘어지기 시작하였고, 부화 후 8일째 평균 전장 7.30 mm일 때 골화가 완료되었다. 꼭지(Han et al., 2017)의 경우 꼭저기와 마찬가지로 부화 직후 평균 전장 6.85 mm일 때 미부봉상골의 골화는 진행되지 않았고, 부화 후 6일째 평균 전장 9.00 mm일 때 골화가 완료되었다. 쏘가리(Myoung et al., 2001)는 부화 직후 미부봉상골의 골화가 관찰되지 않았고, 부화 후 22일째 평균 전장 10.9 mm일 때 미골부의 골화가 완료되어 근연종 사이에서도 시기와 크기에 따라 미골부의 다양한 골화 형태를 나타냈다.

경골어류의 초기 발육단계에서는 체형과 지느러미 발달 및 이

빨의 수 증가, 소화관 발달 등 형태변화가 후기자어 시기에 가장 많이 일어나며(Myoung et al., 2001), 이 시기에 변화되는 골격 발달의 과정은 종자생산 시 문제가 되고 있는 육식성 어류의 공식현상 및 기형 발생 등 원인 분석을 하는데 중요한 기초자료가 될 수 있다. 또한 근연종 간의 식별이나 종 동정 등 분류학 및 생태학적 정보로 활용될 수 있어 향후 이 분야의 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

References

- Byun SG, Kang CB, Myoung JG, Cha BS, Han KH and Jung CG. 2012. Early osteological development of the larvae and juveniles in *Sebastes oblongus* (Pisces: Scorpaenidae). Korean J Ichthyol 24, 67-76.
- Coban D, Suzer C, Kamaci HO, Saka S and Firat K. 2009. Early osteological development of the fins in the hatchery-reared red porgy, *Pagrus pagrus* (L. 1758). J Appl Ichthyol 25, 26-32.
- Dasilao Jr JC and Yamaoka K. 1998. Osteological and functional development of the flyingfish, *Cypselurus heterurus doederleini* (Teleostei: Exocoetidae). Bull Mar Sci Fish Kochi Univ 18, 13-26.
- Emery AR. 1973. Ecology and functional osteology damselfish (Pisces; Pomacentridae) at Alligator reef, Florida Keys. Bull Mar Sci 23, 649-770.
- Faustino M and Power DM. 1999. Development of the pectoral, pelvic, dorsal and anal fins in cultured sea bream. J Fish Biol 54, 1094-1110.
- Han KH, Park JT, Kim BM, Oh SH, Lee SH and Jin DS. 2000. Spawning behavior and early life history of aucha perch *Coreoperca kawamebari* from Korea. Korean J Ichthyol 12, 129-136.
- Han KH, Cho JK, Lee SH, Hwang SY, Yoon SM, Seo WI and Kim CC. 2005. Osteological development of the larvae and juveniles of *Takifugu pardalis* (Teleostei: Tetraodontidae). Korean J Ichthyol 17, 29-35.
- Han KH, Park JT, Jin DS, Yoo DJ and Park JM. 2017. Osteological development of the larvae and juvenile in *Coreoperca herzi*. Korean J Ichthyol 29, 32-40.
- Han KH, Lim SK, Kim KS, Kim CW and Yoo DJ. 2001. Osteological development of the larvae and juveniles of *Sebastes tertius* (Barsukov et Chen) in Korea. Korean J Ichthyol 13, 63-68.
- Johnson GD. 1984. Percoidei: development and relationship. In: Moser HG, WJ Richards, DM Cohen, MP Fahay, AW Kendall, SL Richardson (eds). Ontogeny and systematics of fishes. Amer Soc of Ichthyol Herp, special publication 1, Allen Law KS 464-498.
- Kang CB, Myoung JG, Kim YU and Kim HC. 2012. Early osteological development and squamation in the spotted sea bass *Lateolabrax maculatus* (Pisces: Lateolabracidae). Korean J Fish Aquat Sci 45, 271-282.
- Kendall AW, Ahlstrom EH and Moser HG. 1984. Early life history stages of fishes and their characters. In: HG Moser, WJ Richards, DM Cohen, MP Fahay, AW Kendall, SL Richardson (eds). Ontogeny and systematics of fishes. Amer Soc of Ichthyol Herp, special publication 1, Allen Law KS 11-12.
- Kendall W. 1991. Systematics and identification of larvae and juveniles of the genus *Sebastes*. Env Biol Fish 30, 173-190.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyo Hak Publishing, Seoul, Korean.
- Kim IS and Park JY. 2002. Freshwater Fishes of Korea. Kyo Hak Publishing Co Ltd, Seoul, Korea.
- Kim SH, Lee SH, Lee WO and Cho KH. 2013. Distribution of *Coreoperca kawamebari* and *C. herzi* and fish community structure in relation to environmental differences in their sympatric area of the Boseong river, Korea. Korean Soc Lim 46, 367-379. <http://dx.doi.org/10.11614/KSL.2013.46.3.367>.
- Kim YU and Han KH. 1989. Early life history of the marine animals 1. Egg development, larvae and juveniles of *Chaenogobius laevis* (Steindachner). Bull Korean Fish Soc 22, 317-331.
- Kim YU, Han KH and Kang CB. 1992. Morphology and skeletal development of larvae and juveniles of *Entomacrodus stellifer lighti* (Herre). Korean J Ichthyol 4, 31-43.
- Kim YU, Han KH, Kang CB, Kim JK and Byun SK. 1997. The early life history of the rockfish, *Sebastes marmoratus* 2. Morphology and skeletal development of larvae and juvenile. Korean J Ichthyol 9, 186-194.
- Kim YU, Han KH and Byun SK. 1993. The early life history of the rockfish, *Sebastes inermis* 2. Morphological and skeletal development of larvae and juveniles. Bull Korean Fish Soc 26, 465-476.
- Kim YU and Han KH. 1991. The early life history of rockfish *Sebastes schlegeli*. Korean J Ichthyol 3, 67-83.
- Koumoundouros G, Sfakianakis DG, Maingot E, Divanach P and Kentouri M. 2001a. Osteological development of the vertebral column and of the fins in *Diplodus sargus* (Teleostei: Perciformes: Sparidae). Mar Biol 139, 853-862.
- Koumoundouros G, Divanach P and Kentouri M. 2001b. Osteological development of *Dentex dentex* (Osteichthyes: Sparidae): dorsal, anal, paired fins and squamation. Mar Biol 38, 399-406.
- Koumoundouros G, Gagliardi F, Divanach P, Boglione C, Cataudella S and Kentouri M. 1997a. Normal and abnormal osteological development of caudal fin in *Sparus aurata* L. fry. Aquaculture 149, 215-226.
- Koumoundouros G, Oran G, Divanach P, Stefanakis S and Kentouri M. 1997b. The opercular complex deformity in intensive gilthead sea bream (*Spartus aurata* L.) larviculture. Moment of apparition and description. Aquaculture 156,

- 165-177.
- Lee SJ, Kim YU and Han KH. 2001. Osteological development of larvae and juveniles of *Hyporhamphus sajori* (Teleostei: Hemiramphidae). Korean J Ichthyol 13, 173-180.
- Liu CH. 2001. Early osteological development of the yellow tail *Seriola dumerili* (Pisces: Carangidae). Zool Stud 40, 289-298.
- Matsuoka M. 1985. Osteological development in the red sea bream, *Pagrus major*. Japan J Ichthyol 32, 35-51.
- Matsuoka M. 1987. Development of the skeletal tissues and skeletal muscles in the red sea bream. Bull Seikai Red Fish Res Lab 65, 1-14.
- Matsuura Y and Katsuragawa M. 1984. Osteological development of fins and their supports of larval grey triggerfish, *Balistes capriscus*. Japan J Ichthyol 31, 411-421.
- Myoung JG, Mun JH, Kim JK, Park KD, Kang CB, Kim YU and Park JT. 2001. Osteological development of larvae and juveniles of Korean mandarin fish, *Siniperca scherzeri* (Perciformes: Centropomidae). Korean J Ichthyol 13, 129-135.
- Mook D. 1977. Larval and osteological development of the sheepshead, *Archosargus probatocephalus* (Pisces: Sparidae). Copeia 1977, 126-133.
- NIBR (national institute of biological resources). 2018. Endangered wild animals and plants. Retrieved from https://species.nibr.go.kr/home/mainHome.do?cont_link=009&subMenu=009002&contCd=009002&ktsn=120000058306 on Jan 26, 2018.
- Okiyama M. 1988. An Atlas of the Early State Fishes in Japan. Tokai University Press, Tokyo, Japan. 1157.
- Park JY, Hong CG, Cho JK, Son MH, Han KH and Park JM. 2015. Early osteological development of the larvae and juveniles in sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus* (Pisces: Serranidae). Korean J Ichthyol 27, 189-198.
- Potthoff T, Kelly S, Saksena V, Moe M and Young F. 1987. Description of larval and juvenile damselfish *Microspathodon chrysurus*, Pomacentridae, and their osteological development. Bull Mar Sci 40, 1-40.
- Potthoff T, Kelley S and Collins LA. 1988. Osteological development of the red snapper, *Lutjanu scampechanus* (Lutjanidae). Bull Mar Sci 43, 1-40.
- Potthoff T and Tellock JA. 1993. Osteological development of the snook, *Centropomus undecimalis* (Teleostei, Centropomidae). Bull Mar Sci 52, 669-716.
- Sfakianakis DG, Koumoundouros G, Divanach P and Kentouri M. 2004. Osteological development of the vertebral column and of the fins in *Pagellus erythrinus* (L. 1758). Temperature effect on the developmental plasticity and morphoanatomical abnormalities. Aquaculture 232, 407-424.
- Sfakianakis DG, Doxa CK, Kouttouki S, Koumoundouros G, Maingot E, Divanach P and Kentouri M. 2005. Osteological development of the vertebral column and of the fins in *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777). Aquaculture 250, 36-46.
- Vandewalle P, Gluckmann I, Baras E, Huriaux F and Focant B. 1997. Postembryonic development of the cephalic region in *Heterobranchus longifilis*. J Fish Biol 50, 227-253.
- Wagemans F and Vandewalle P. 1999. Development of the cartilaginous skull in *Solea solea*: trends on Pleuronectiforms. Ann Sci Nat 1, 39-52.
- Walker MB and Kimmel CB. 2007. A two-color acid-free cartilage and bone stain for zebrafish larvae. Biol Histochem 82, 23-28.