

한국산 얼룩동사리(*Odontobutis interrupta*) 자치어의 골격발달

박재민 · 한지형¹ · 윤성민² · 한경호^{1*}

경상북도 토속어류산업화센터, ¹전남대학교 해양기술학부, ²경상북도 민물고기연구센터

Early Osteological Development of Larvae and Juveniles in the Korean Spotted Sleeper *Odontobutis interrupta* from Korea

Jae Min Park, Ji Hyeong Han¹, Seong Min Yun² and Kyeong Ho Han^{1*}

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

¹Marine Technology Undergraduate, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

²Gyeongsangbuk-Do Research Center for Freshwater Fishes, Uljin 36332, Korea

We observed the osteological development in larvae and juveniles of Korean spotted sleeper *Odontobutis interrupta* bred in the laboratory in April 2014. Immediately after hatching, the prelarvae, which were about 4.27 mm long, showed ossification of the premaxillary bones in the upper jaw and the dentary and articular bones in the lower jaw. At 7.11 mm, the larvae showed complete fusion of the post-cleithra and ossification of the scapulae with the appearance of one hole. At 8.65 mm, the larvae showed ossification of seven ribs from the third abdominal vertebra and an increase in the length of the neural spine and hemal spine. The number of caudal fin rays increased to 19. At 11.9 mm, the juveniles showed ossification of three procurrent rays on the side of the parhypural bone as well as ossification of two procurrent rays on the side of the epural bone, indicating the complete ossification of all spicules.

Key words: Juvenile, Larvae, Osteological, *Odontobutis interrupta*

서론

어류는 개체발생 동안 자어기에서 치어기로 변화하기 직전에 형태적, 생리적, 행동적으로 극심한 변화를 겪으므로 발생학적 지식은 이러한 측면뿐만 아니라 어업생물학적 및 양식업에도 매우 중요하다(Koumoundouros et al., 1999). 또한 해부학의 발달은 어어의 형태발달에서 기능적 발달양상과 환경에 대한 선호도를 이해하는데 도움을 준다(Fukuhara, 1992). 어류의 자치어기 골격 발달과정에 대한 관심과 지식은 사육초기에 골격 이상의 탐지와 제거를 위해 필수적이며(Koumoundouros et al., 1997a,b), 어어의 계통분류학적 기초 형질을 제공하고 있어 이 분야를 연구하는 열기가 높다(Sfakianakis et al., 2004). 얼룩동사리(*Odontobutis interrupta*)는 농어목(Perciformes), 동사리과(Odontobutidae), 동사리속(*Odontobutis*)에 속하는 어류로 물의 흐름이 비교적 느린 하천의 중류에 서식하며, 바위틈에 은신하여 소형 어류를 섭식하는 육식성 어류이다. 주로 영산강 북쪽 서해로 흐르는 하천에 분포하는 우리나라 고유어종으로

얼룩동사리를 비롯한 동사리(*O. platycephala*), 남방동사리(*O. obscura*) 및 좀구굴치(*Micropercops swinhonis*) 등 2속 4종이 분포하는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2005).

얼룩동사리에 관한 연구로는 산란행동 및 초기생활사(Choi and Na, 2000; Park et al., 2014) 등 주로 초기생활사에 대한 연구가 이루어졌으며, 같은 동사리과 어류에 대한 연구로는 산란행동(Mashiko, 1976), 분포(Iwata et al., 1985; Sakai et al., 1999), 자어발달(Iwata et al., 1988; Voskoboinikova and Pavlov, 2006), *O. hikimius*의 배체발달(Doi and Aoyama, 2006), 유전적 비교(Sakai et al., 1993) 및 생식주기(Lee, 1998; Lee and Yang, 1998) 등이 수행되었으나 골격발달에 관한 연구는 잘 알려져 있지 않다. 또한, 동사리과 어류는 주변환경에 따라 보호색을 띠며, 다양한 체색과 몸의 형태가 유사하여 외부 형태적 분류에 다소 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 얼룩동사리 자치어의 발육단계 중에 나타나는 골격발달 특징을 관찰하여 유사종과의 차이점을 밝히기 위한 기초자료를 마련하고, 내부 형태적 특성을 파악하여 같은 동사리과 어류 중 동정을 위한

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0396>



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 50(4) 396-405, August 2017

Received 29 May 2017; Revised 16 June 2017; Accepted 6 July 2017

*Corresponding author: Tel: +82. 61.659.7163 Fax: +82. 61.659.7169

E-mail address: aqua05@jnu.ac.kr

분류학적 연구자료로 제공하고자 한다.

재료 및 방법

채집 및 동정

2014년 4월 전남 여수시 소라면에 위치한 소라천(지방 2급 하천)에서 바위틈에 산란된 수정란과 주변을 보호하는 행동을 보이는 개체를 채집하여 연구실로 운반하였다. 종 동정은 Kim et al. (2005)를 이용하였다.

수정란 관리 및 자치어 사육

수정란은 사각수조(50×30×20 cm)에 수용하였고, 수온은 18.5-19.5℃(평균 19.0±1.0℃)를 유지하였으며, 용존산소는 5.94-7.10 mg/L(평균 6.52 mg/L)였다. 자치어의 사육환경은 수정란과 동일한 조건이었고, 수조 내 스펀지여과기를 설치하여 순환여과식으로 사육하였다. 먹이는 난황 흡수 후부터 30일까지 *Artemia* sp. nauplius 유생을 공급하였고, 이후에는 실지렁이 및 냉동장구벌레(Blood warm Hikari, Japan)를 공급하였다.

골격염색

발육단계에 따른 자치어의 골격발달 관찰을 위해 매일 5마리씩 5% 중성포르말린에 고정하였고, Walker and Kimmel (2007)의 이중염색법에 따라 내부골격을 염색 후 KOH 0.1%와 Glycerol 50%에 보존하였다. 염색한 자치어는 실체현미경(Nikon SMZ18, Japan)을 이용하여 각 부위를 관찰하고 스케치하였다. 골격의 각 부위 명칭은 Kang et al. (2012)에 따랐다.

결 과

종 동정

바위에 산란된 수정란의 주변에서 보호행동을 보인 개체는 몸이 원통형으로 꼬리 쪽으로 갈수록 측면형에 가깝고, 제1등지느러미 전방부에서 후반부까지와, 제2등지느러미 후반부 및 꼬리지느러미 기부에 검은색 띠가 있으며, 계수형질에서는 제1등지느러미 8개, 제2등지느러미 9개 뒷지느러미 8개, 측선비늘수 40개를 가져 얼룩동사리로 동정되었다(Kim et al., 2005).

자치어 골격발달

얼룩동사리 자치어의 골격발달은 두개골(cranium), 내장골(visceral skeleton) 견대골(pectoral girdle bone), 미골(caudal skeleton), 척추골(vertebral column)과 지느러미(fin rays) 및 담기골(ptyerygiophore)로 구분하여 관찰하였다.

두부골격

두개골과 내장골로 이루어진 얼룩동사리의 두부골격 발달은 Table 1,2와 같았다. 부화 직후 자어의 전장은 3.87-4.53 mm(평균±SD, 4.27±0.35 mm, n=5)로 위턱을 구성하는 전상악

골(premaxillary)과 아래턱을 지지하는 치골(dentary) 및 관절골(articular)이 골화하였다. 두개골의 기저를 형성하는 부설골(parasphenoid)과 앞쪽에는 안전골(preorbital=lucrymal)이 골화하였고, 눈을 둘러싸고 있는 안하골(suborbital)이 골화하였으며, 상후두골(supraoccipital), 익이골(pterotic), 설이골(sphenotic), 전이골(prootic) 및 액골(frontal) 등이 골화하였다. 구개부에는 설악골(hyomandibular), 접속골(symplectic) 및 내익상골(endopterygoid) 등이 골화하였고, 설궁부에는 하설골(hypohyal), 각설골(ceratohyal), 상설골(epihyal), 간설골(interhyal) 및 5개의 새조골(branchiostegal rays)이 골화하였으며, 새개부에는 전새개골(preopercle), 주새개골(opercle)이 골화하였다(Fig. 1A).

부화 후 13일째 자어의 전장은 6.84-7.38 mm(평균 7.11±0.26 mm, n=5)로 두개골에 노정골(parietal), 익설골(alisphenoid), 상이골(epiotic), 중사골(mesethmoid) 및 외후두골(exoccipital) 등이 골화하였고, 위턱을 구성하는 주상악골(maxillary)이 골화하였으며, 새개부에는 하새개골(subopercle)과 간새개골(interopercle)이 골화하였다(Fig. 1B).

부화 후 18일째 자어의 전장은 8.49-8.93 mm(평균 8.65±0.20 mm, n=5)로 두개골에 기저설골(basisphenoid), 기저후두골(basioccipital), 후이골(opisthotic), 서골(vomer) 및 측사골(lateral ethmoid), 구개부에 구개골(palatine), 방골(quadrate), 외익상골(ectopterygoid) 및 후익상골(metapterygoid)이 골화하였고, 아래턱 관절골에는 각골(angular)이 골화하였다(Fig. 1C).

부화 후 30일째 치어의 전장은 11.7-12.2 mm(평균 11.9±0.23 mm, n=5)로 두개골에 비골(nasal)이 골화하였고, 설궁부의 새조골은 6개로 골화하면서 두부골격의 모든 골화가 완료되었다(Fig. 1D).

견대골

견대골은 가슴지느러미를 지지하는 골격으로 후측두골(post-temporal)에 의해 두개골과 관절 되었다(Fig. 2, Table 3). 부화 직후 자어의 전장은 3.87-4.53 mm(평균 4.27±0.35 mm, n=5)로 쇄골(cleithrum)을 중심으로 위쪽에는 상쇄골(supracleithrum), 옆에는 2개의 후쇄골(postcleithrum)이 골화하였는데 후쇄골은 양옆으로 접합되었고, 아래쪽의 오황골(coracoid)과 접합되어 있었다. 후쇄골 옆쪽에는 사출골(actinost=radial)이 골화하였고, 사출골은 3개로 나누어졌으며, 3개의 구멍을 형성하였다(Fig. 1A). 부화 후 13일째 자어의 전장은 6.84-7.38 mm(평균 7.11±0.26 mm, n=5)로 2개의 후쇄골은 접합이 완료되었고, 1개의 구멍이 생기면서 견갑골(scapula)이 골화하였다(Fig. 2B). 부화 후 18일째 자어의 전장은 8.49-8.93 mm(평균 8.65±0.20 mm, n=5)로 상쇄골 위쪽에 후측두골(posttemporal)이 골화하였고, 오황골은 쇄골과 접합하기 시작하였다(Fig. 2C). 부화 후 30일째 치어의 전장은 11.7-12.2 mm(평균 11.9±0.23 mm, n=5)로 후측두골 아래에 상측두골(supraposttemporal)이 골화하기 시작하였고, 오황골과 쇄골은 접합이 완

Table 1. The development process of cranium and orbital region of Korean spotted sleeper *Odontobutis interrupta*

Days after hatching	0	3	6	10	13	15	18	21	30	
Total length (mm)	4.27	6.20	6.43	6.69	7.11	8.60	8.65	9.71	11.9	
Cranium	Parasphenoid	—————→								
	Basioccipital							—————→		
	Nasal								—————→	
	Frontal	—————→								
	Sphenotic	—————→								
	Pterotic	—————→								
	Lateral ethmoid							—————→		
	Alisphenoid					—————→				
	Parietal					—————→				
	Prootic	—————→								
	Epiotic					—————→				
	Supraoccipital	—————→								
	Exoccipital					—————→				
	Opisthotic							—————→		
	Mesethmoid					—————→				
	Basisphenoid							—————→		
Vomer							—————→			
Orbital region	Preorbital	—————→								
	Suborbital	—————→								

료되면서 견대부 골격의 골화가 완료되었다(Fig. 2D).

미골

꼬리지느러미를 지지하는 미골은 몇 개의 추골과 골편으로 된 미골복합체(caudal complex)를 이룬다(Fig. 3, Table 3). 부화 직후 자어의 전장은 3.87-4.53 mm (평균 4.27±0.35 mm, n=5)로 추체(centrum)를 중심으로 위쪽에는 신경극(neural spine), 아래쪽에는 혈관극(hemal spine)이 골화되었고, 미부봉상골(urostyle)은 45°로 휘어져 있었으며, 신경극과 미부봉상골 사이에는 2개의 상미추골(epural bone)이 골화하였다. 하미추골(hypural bone)은 미부봉상골에 융합되어 있었고, 하단부에 하미추골 1+2가 융합되었으며, 상단부에는 하미추골 3+4가 융합되었다. 그 아래에는 1개의 준하미추골(parhypural bone)이 골화하기 시작하였다(Fig. 3A). 부화 후 13일째 자어의 전장은

6.84-7.38 mm (평균 7.11±0.26 mm, n=5)로 5번째 하미추골이 골화하였고, 준하미추골 옆에는 1개의 부속줄기(procurrent)가 골화하였다(Fig. 3B). 부화 후 18일째 자어의 전장은 8.49-8.93 mm (평균 8.65±0.20 mm, n=5)로 상미추골 옆에 1개의 부속줄기가 골화하였고(Fig. 3C), 부화 후 30일째 자어의 전장은 11.7-12.2 mm (평균 11.9±0.23 mm, n=5)로 준하미추골 옆에 3개의 부속줄기가 골화하였으며, 상미추골 옆에는 2개의 부속줄기가 골화하였다(Fig. 3D).

척추골

몸의 증축을 이루는 척추골은 척수와 혈관을 보호하며, 발달 과정은 Table 3과 같았다. 부화 직후 자어의 전장은 3.87-4.53 mm (평균 4.27±0.35 mm, n=5)로 척추골이 완전히 골화되지 않았고, 척색(notochord)으로 이루어져 있었으며, 아래쪽에는

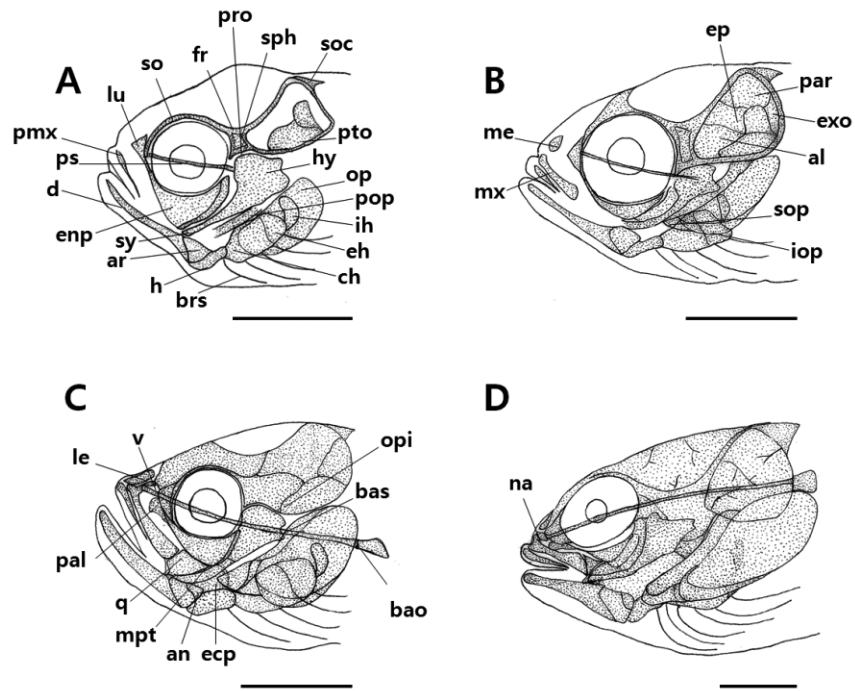


Fig. 1. Development of the cranium and visceral skeleton in Korean spotted sleeper *Odontobutis interrupta*. A: 4.27 mm, TL; B: 7.11 mm, TL; C: 8.65 mm, TL; D: 11.9 mm, TL. ar, articular; al, lisphenoid; an, angular; bas, basisphenoid; bao, basioccipital; brs, branchiostegal rays; ch, ceratohyal; d, dentary; ecp, ectopterygoid; eh, epihyal; ep, epiotic; enp, endopterygoid; exo, exoccipital; fr, frontal; h, hypohyal; hy, hyomandibular; in, interhyal; iop, interopercle; le, lateral ethmoid; lu, lacrimal; me, mesethmoid; mpt, metapterygoid; mx, maxillary; na, nasal; op, opercle; opi, opisthotic; par, parietal; pal, palatine; pop, preopercle; pmx, premaxillary; ps, parasphenoid; pro, prootic; pto, pterotic; q, quadrate; soc, supraoccipital; so, suborbital; sop, subopercle; sph, sphenotic; sy, symplectic; v, vomer. Scale bars=1.0 mm.

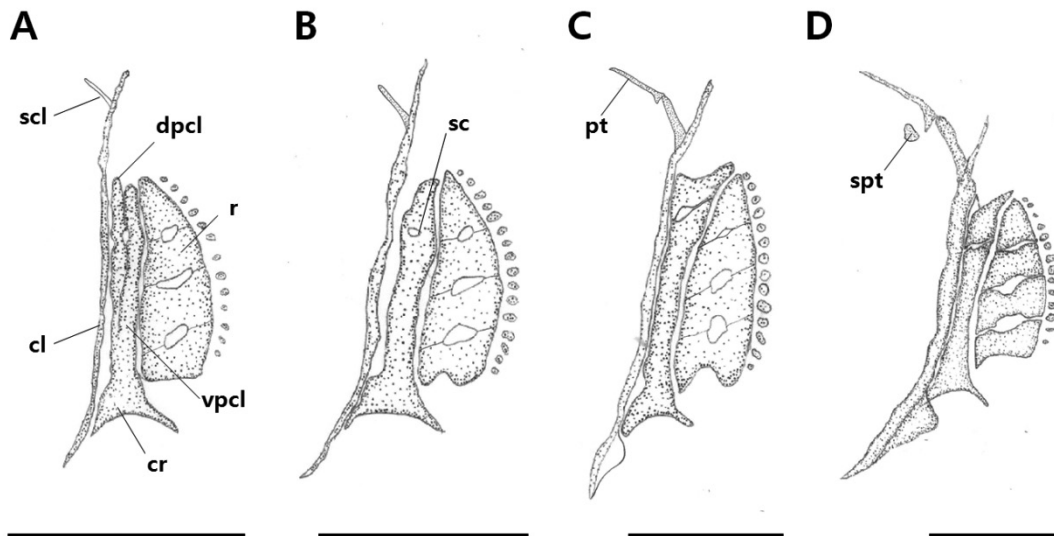


Fig. 2. Development of the pectoral girdle in Korean spotted sleeper *Odontobutis interrupta*. A: 4.27 mm, TL; B: 7.11 mm, TL; C: 8.65 mm, TL; D: 11.9 mm, TL. cl, cleithrum; cr, coracoid; dpcl, dorsal post cleithrum; pt, posttemporal; r, radial; sc, scapula; spt, supraposttemporal; scl, supracleithrum; vpcl, ventral post cleithrum. Scale bars=1.0 mm.

Table 2. The development process of visceral skeleton of Korean spotted sleeper *Odontobutis interrupta*

Days after hatching		0	3	6	10	13	15	18	21	30	
Total length (mm)		4.27	6.20	6.43	6.69	7.11	8.60	8.65	9.71	11.9	
Visceral skeleton	Upper jaw	Premaxillary	→								
		Maxillary	→								
	Lower jaw	Dentary	→								
		Articular	→								
		Angular	→								
	Hyoid arch	Epihyal	→								
		Branchiostegal rays	→								
		Ceratohyal	→								
		Interhyal	→								
	Palate	Hypohyal	→								
		Hyomandibular	→								
		Symplectic	→								
		Quadrate	→								
	Opercular	Endopterygoid	→								
		Ectopterygoid	→								
		Metapterygoid	→								
		Palatine	→								
	Opercular	Preopercle	→								
		Opercle	→								
		Subopercle	→								
Interopercle		→									

4개의 측돌기(parapophysis)와 15개의 혈관극이 골화하였다. 추체의 위쪽에는 미골부 앞쪽에 2개의 신경극이 골화하였다. 제1등지느러미는 막으로 되어 있었고, 아래에는 5-7개의 신경간극(interneural spine)이 골화하였다. 제2등지느러미는 9-10개의 줄기가 발달하였고, 아래에 9-10개의 신경간극이 골화하였다. 아래쪽에는 뒷지느러미 줄기가 6개 발달하였고, 6개의 혈관간극(interhemal spine)이 골화하여 신경간극과 혈관간극의 개수에 따라 지느러미 줄기가 발달하였으며, 꼬리지느러미 줄기 수는 15개였다(Fig. 4A). 부화 후 6일째 자어의 전장은 6.25-

6.56 mm (평균 6.43 ± 0.16 mm, $n=5$)로 칙색으로 이루어져 있던 척추골이 추체(centrum)로 골화하였고, 복추골에서부터 미추골 방향으로 7개의 추체가 골화하였으며, 추체가 골화함에 따라 신경극이 골화하였다. 제1등지느러미에는 7개의 줄기가 발달하였고, 미부봉상골이 골화하기 시작하였다(Fig. 4B).

부화 후 13일째 자어의 전장은 6.84-7.38 mm (평균 7.11 ± 0.26 mm, $n=5$)로 제1등지느러미의 신경간극이 7-8개로 증가하면서 줄기 수도 같이 7-8개로 발달하였다. 뒷지느러미의 혈관간극은 7-8개로 증가하였고, 줄기 수도 같이 7-8개로 발달하였다

Table 3. The development process of caudal skeleton, shoulder girdle and vertebrae of Korean spotted sleeper *Odontobutis interrupta*

Days after hatching	0	3	6	10	13	15	18	21	30
Total length (mm)	4.27	6.20	6.43	6.69	7.11	8.60	8.65	9.71	11.9
Caudal skeleton	Urostyle	→							
	Procurrent	→							
	Hypural	→							
	1st-2nd	→							
	3th-4th	→							
	5th	→							
	Parhypural	→							
	Epural	→							
	1st-2nd	→							
Shoulder girdle	Cleithrum	→							
	Ventral post cleithrum	→							
	Supracleithrum	→							
	Dorsal post cleithrum	→							
	Supraposttemporal	→							
	Posttemporal	→							
	Scapula	→							
	Coracoid	→							
Vertebrae	Radial	→							
	Notochord	→							
	Centrum	→							
	Interneural spine	→							
	Interhemal spine	→							
	Neural spine	→							
	Hemal spine	→							
	Parapophysis	→							
	Rib	→							

(Fig. 4C). 부화 후 18일째 자어의 전장은 8.49-8.93 mm (평균 8.65 ± 0.20 mm, n=5)로 3번째 복추골부터 7개의 늑골(rib)이

골화하기 시작하였고, 신경극과 혈관극의 길이가 신장하였으며, 꼬리지느러미 줄기 수는 19개로 증가하였다(Fig. 4D).

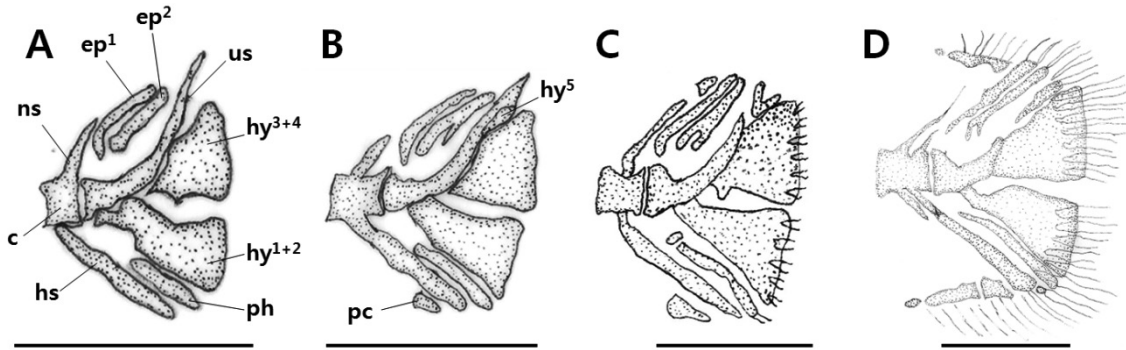


Fig. 3. Development of the caudal skeleton in Korean spotted sleeper *Odontobutis interrupta*. A: 4.27 mm, TL; B: 7.11 mm, TL; C: 8.65 mm, TL; D: 11.9 mm, TL. c, centrum; ep, epural bone; hy, hypural bone; hs, hemal spine; pc, procurrent; ph, parhypural bone; ns, neural spine; us, urostyle. Scale bars=1.0 mm.

고찰

얼룩동사리의 부화 직후 자어는 평균전장 4.27 mm일 때 두 개골에 기저를 형성하는 부설골을 비롯하여 안진골, 안하골, 상후두골 및 익이골 등이 골화되었고, 구개부에 설악골, 접속골, 내익상골, 설궁부에 하설골, 각설골, 상설골 및 간설골이 골화하였으며, 새개부에는 전새개골 및 주새개골이 골화하였다. 일반적으로 농어목 어류는 부화 이후에 두개골과 지느러미의 발달이 관찰된다고 알려져 있으나 얼룩동사리의 경우 골격발달이 진행된 상태로 부화되어 난 내에서 골격이 발달하는 것으로 알려진 연어과 어류와 유사하다고 판단되어 난 발생 과정에서 골격발달 정도를 면밀히 관찰할 필요가 있을 것으로 생각된다(Kendall et al., 1984; Matsuoka, 1985; Koumoundouros et al., 1997b; Fauston and Power, 1999; Koumoundouros et al., 2001a, 2001b; Sfakianakis et al., 2004, 2005).

다른 어류의 최초 골격발달을 살펴보면 구골무치과에 속하는 발기, *Perccottus glenii* (Voskoboinikova and Pavlov, 2006)는 부설골, 기저후두골, 외후두골 및 상후두골이 골화하였고, 농어목에 속하는 꺾지, *Coreoperca herzi* (Han et al., 2017)는 부설골, 전상악골, 치골 및 견대부 쇄골이 골화하였으며, 접농어, *Lateolabrax maculatus* (Kang et al., 2012)는 부설골, 전상악골 및 치골, 잭방어, *Seriola dumerili* (Liu, 2001)는 전상악골, 주상악골, 치골 및 전새개골 등이 골화하였다. 농성어, *Epinephelus septemfasciatus* (Park et al., 2015)와 저울베도라치, *Entomacrodus stellifer lighti* (Kim et al., 1992)는 부설골 및 쇄골, 복어목인 줄복, *Takifugu pardalis* (Han et al., 2005)은 악골이 동시에 골화하였다. 농어목 어류의 골격발달은 두부골격의 기저를 형성하는 부설골과 호흡 및 섭이에 관련된 기능을 하는 악골, 가슴지느러미를 지지하고 유연능력에 영향을 미치는 쇄골이 각 부위별 골격 가운데 우선적으로 발달하는 공통적인 경향을 나타냈으며, 이러한 현상은 생존을 위한 이들의 진화적 특성과 연

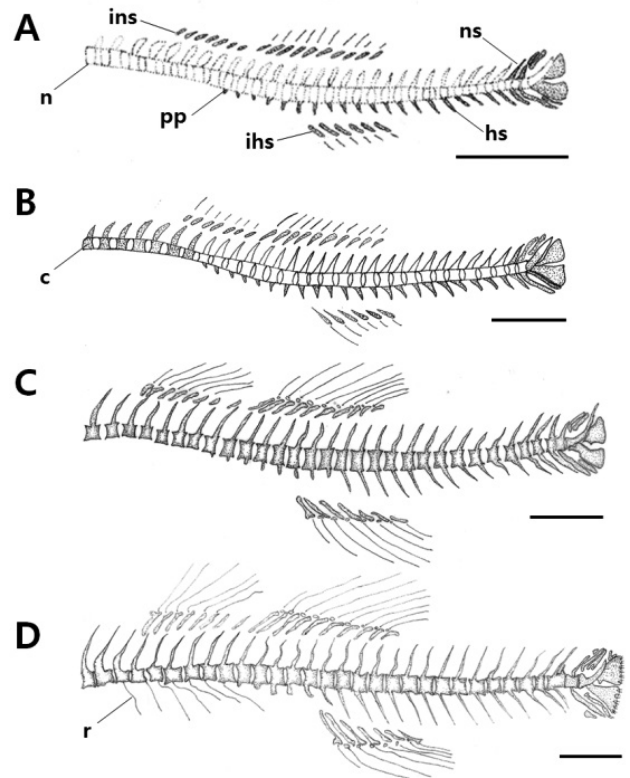


Fig. 4. Development of the vertebrae column in Korean spotted sleeper *Odontobutis interrupta*. A: 4.27 mm, TL; B: 6.43 mm, TL; C: 7.11 mm, TL; D: 8.65 mm, TL. c, centrum; hs, hemal spine; ins, interneural spine; ihs, interhemal spine; n, notochord; ns, neural spine; pp, parapophysis; r, rib. Scale bars=1.0 mm.

관되는 것으로 생각된다.

얼룩동사리의 견대부 골격 중 견갑골에는 1개의 체공(for-

men)이 형성되는 것이 관찰되는데 꺾지(Han et al., 2017), 점농어(Kang et al., 2012), 참돔, *Pagrus major* (Matsuoka, 1987), 황돔, *Dentex tumifrons* (Koumoundouros et al., 2001b), 자리돔류(Emery, 1973), 썸뱅이목 어류(Kim and Han, 1991; Kim et al., 1997; Han et al., 2001) 등 다른 분류 군에서도 형성되는 것이 관찰되어 대부분의 어류에서 형성되는 전형적인 형질로 보인다. 척추골은 몸의 중축을 이루는 골격으로 얼룩동사리는 부화 직후 평균전장 4.27 mm일 때 척추의 골화는 이루어지지 않았고, 척색으로 이루어져 있었으며, 부화 후 6일 평균전장 6.43 mm일 때 골화가 진행되었고, 추체가 발달하면서 부화 후 13일 평균전장 7.11 mm일 때 척추를 이루었다. 골격의 골화방향은 복추골에서 미추골, 꼬리방향으로 진행되었고, 추체의 골화가 완전히 이루어지기 전에 측돌기, 혈관극, 혈관간극 및 신경간극이 우선적으로 골화되기 시작하였으며, 또한 추체가 골화하면서 동시에 미추골과 미부봉상골이 골화하기 시작하였다. 다른 분류군과 비교하였을 때 이러한 현상은 썸뱅이목 어류(Kim and Han, 1991; Kim et al., 1993; Kim et al., 1997; Han et al., 2001; Byun et al., 2012), 농어목의 능성어(Park et al., 2015), 점농어(Kang et al., 2012), 꺾지(Han et al., 2017), 동갈치목인 날치, *Prognichthys agoo* (Park and Kim, 1987) 등에서도 나타나 어종별로 발달양상이 유사한 것으로 판단된다. 구굴무치과에 속하는 발기(Voskoboinikova and Pavlov, 2006)는 부화 직후 복추골, 미추골 및 신경극, 혈관극이 골화한 상태였고, 5개의 늑골이 3번째 추체부터 발달하였으며, 척추골의 골화방향은 얼룩동사리와 유사하였으나 골격의 발달이 보다 많이 이루어진 상태에서 부화하여 차이를 보였다.

농어목 어류의 지느러미 발달양상은 후방의 등지느러미, 뒷지느러미가 먼저 발달하고 전방의 등지느러미가 발달한다고 알려져 있다(Johnson, 1984; Faustino and Power, 1999). 얼룩동사리는 후방의 등지느러미와 뒷지느러미가 발달한 뒤 전방의 등지느러미가 발달하여 일반적인 농어목 어류의 발달양상과 일치하였다. 각 부위별 기조 수는 부화 후 13일 평균전장 7.11 mm 일 때 제1등지느러미 8개, 제2등지느러미 9개, 뒷지느러미 8개로 종 동정한 개체와 기조 수가 일치하였다. 지느러미를 지지하는 담기골의 골화는 먼저 담기골이 골화한 뒤 지느러미가 형성되었고, 골화 방향은 전방에서 후방 쪽으로 이루어졌다. 담기골은 추체가 골화되기 전에 발달하기 시작하였고, 추체가 완전히 골화되었을 때 담기골의 형태가 완전한 모습을 갖추었다. 척추골의 골화와 지느러미의 줄기 발달이 완성된 후에 담기골의 골화가 완료되는 것은 어류의 유영능력에 있어 추진력을 증가시키는 것과 관련이 있는 것(Lee et al., 2001)으로 보여 지고, 얼룩동사리의 경우 지속적인 유영보다는 대부분을 바닥에서 생활하기 때문에 지느러미 줄기보다 담기골이 먼저 골화하는 것으로 추정되며, 유영하는 어류는 담기골보다 지느러미 줄기의 발달이 우선적으로 이루어져 유영형태에 따라 발달 정도에 차이를 나타냈다.

꼬리지느러미를 지지하는 미골부는 상미축골, 하미축골 및 미부봉상골 등으로 이루어져 있으며, 얼룩동사리는 부화 직후 평균전장 4.27 mm일 때 미부봉상골이 45°로 휘어져 있었다. 미끈날망둑, *Chaenogobius laevis* (Kim and Han, 1989) 미끈망둑, *Luciogobius guttatus* (Kim et al., 1992), 큰미끈망둑, *Luciogobius grandis* (Yoon, 2004)의 부화 자어는 성장함에 따라 미부봉상골이 휘어지면서 골화하였고, 썸뱅이목 어류(Kim and Han, 1991; Kim et al., 1993; Kim et al., 1997; Han et al., 2001; Byun et al., 2012), 농어목의 꺾지(Han et al., 2017), 능성어(Park et al., 2015), 점농어(Kang et al., 2012) 또한 성장하면서 발달하여 부화 직후부터 미부가 휘어진 얼룩동사리와 차이를 나타냈다.

미골부의 하미축골은 얼룩동사리가 부화 후 13일 평균전장 7.11 mm일 때 하미축골(1+2, 3+4, 5)이 융합되었고, 외관상 3개의 하미축골을 형성하였으며, 썸뱅이목의 황점볼락, *Sebastes oblongus* (Byun et al., 2012), 동갈치목의 학공치, *Hyporhamphus sajori* (Lee et al., 2001)가 이와 같은 발달양상을 보였다. 망둑어과 어류인 미끈날망둑(Kim and Han, 1989), 미끈망둑(Kim et al., 1992), 큰미끈망둑(Yoon, 2004)은 외관상 2개의 하미축골이 골화하였고, 다른 농어목 어류인 꺾지(Han et al., 2017), 쏘가리와 꺾저기(Park, 2001) 및 방어류(Kohno, 1997; Liu, 2001)는 외관상 2개인 하미축골(1+2, 3+4+5), 능성어(Park et al., 2015)는 외관상 3개의 하미축골(1+2, 3, 4+5)을 나타내 하미축골의 외관상 개수와 융합 형태가 종에 따라 다르게 나타나 차이를 보였다. 하미축골의 융합현상은 계통학적 연구의 기초자료로서 중요하다고 생각되며, 자치어 시기의 골격 발달 양상은 종묘생산 과정에서 발생하는 기형발생 원인파악, 유사종과의 식별이나 생태학적으로 중요한 자료로 활용될 수 있어 향후 이 분야에 대한 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.
- Choi SS and Na YU. 2000. The spawning behavior and egg development of *Odontobutis interrupta* Iwata and Jeon, 1985. Korean J Environ Biol 18, 323-330.
- Doi T and Aoyama S. 2006. Embryonic larval and juvenile morphologies of the freshwater goby *Odontobutis hikimius* reared in an aquarium were observed and described. Japan J Ichthyol 53, 63-70.
- 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.
- Fukuhara O. 1992. Study on the development of functional morphology and behavior of the larvae of eight commercially valuable teleost fishes. *Contr Fish Res Jpn Sea Block* 25, 1-122.
- 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, 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.
- Han KH, Park JT, Jin DS, Yoo DJ and Park JM. 2017. Osteological development of the larvae and juvenile in *Coreoperca herzi* (Perciformes: Centropomidae). *Korean J Ichthyol* 29, 32-40.
- Iwata A, Jeon SR, Mizuno N and Choi KC. 1985. A revision of the eleotrid goby genus *Odontobutis* in Japan, Korea and China. *Japan J Ichthyol* 31, 373-388.
- Iwata A, Jeon SR, Mizuno N and Choi KC. 1988. Larval development of a gobiid fish, *Odontobutis obscura obscura* in comparison with that of *O. interrupta* and of *O. platycephala*. *Japan J Ichthyol* 35, 371-381.
- Johnson GD. 1984. Percoidei: development and relationship. In: Moser HG, Richards WJ, Cohen DM, Fahay MP, Kendall AW and Richardson SL (eds.), *Ontogeny and systematics of fishes*. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Lawrence KS, U.S.A., 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 and Vinter B. 1984. Development of Hexagrammids (Pisces: Scorpaeniformes) in the northeastern Pacific Ocean. *US Dep Commer NOAA Tech Rep NMFS* 2, 44.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyo-Hak Publishing Seoul, Korea, 417-418.
- 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, Kang CB and Ryu JW. 1992. Early life history and spawning behavior of the gobiid fish, *Luciogobius guttatus* Gill. *Korean J Ichthyol* 4, 1-13.
- 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 and Han KH. 1991. The early life history of rockfish *Sebastes schlegeli*. *Korean J Ichthyol* 3, 67-83.
- 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, 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.
- Kohno H. 1997. Osteological development of the caudal skeleton in the carangid, *Seriola lalandi*. *Ichthyol Res* 44, 219-221.
- Koumoundouros G, Divanach P and Kentouri M. 1999. Osteological development of the vertebral column and of the caudal complex in *Dentex dentex*. *J Fish Bio* 54, 424-436.
- 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 (*Sparus aurata* L.) larviculture. Moment of apparition and description. *Aquaculture* 156, 165-177.
- 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 Bio* 138, 399-406.
- Lee WK. 1998. Annual reproductive cycle and changes in plasma levels of sex steroid hormones of the female Korean dark sleeper, *Odontobutis platycephala* (Iwata et Jeon). *J Korean Fish Soc* 31, 599-607.
- Lee WK and Yang SW. 1998. Testicular development and serum levels of gonadal steroids hormone during the annual reproductive cycle of the male Korean dark sleeper, *Odontobutis platycephala* (Iwata et Jeon). *J Aquaculture* 11, 475-485.
- 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. 1987. Development of the skeletal tissues and skeletal muscles in the red sea bream. *Bull Seikai Red Fish Res Lab* 65, 1-14.
- Matsuoka M. 1985. Osteological development in the red sea bream, *Pagrus major*. *Japan J Ichthyol* 32, 35-51.
- Mashiko K. 1976. Reproductive behavior of an eleotrid goby *Odontobutis obscurus* in aquaria. *Japan J Ichthyol* 23, 69-78.

- Park JM, Han KH, Kim NR, Yoo DJ, Yun SM and Han JH. 2014. Egg development and early life history of Korean endemic species Korean spotted sleeper, *Odontobutis interrupta* (Pisces: Odontobutidae). Dev Reprod 18, 259-266. <http://dx.doi.org/10.12717/DR.2014.18.4.259>.
- Park JT. 2001. Phylogenetic study of the centropomidae (Pisces, Perciformes) in Korea. Ph. D. Dissertation, University of Yosun National, Yosun, Korea, 29-56.
- 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.
- Park YS and Kim YU. 1987. Studies on the larvae and juveniles of flying fish, *Prognichthys agoo* (Temminck et Schlegel) (Pisces, Exocoetidae) II. Osteological development of larvae and juveniles. Bull Korean Fish Soc 20, 447-456.
- Sakai H, Iwata A and Jeon SR. 1993. Genetic evidence supporting the existence of three distinct species in the genus *Odontobutis* (Gobiidae) from Japan and Korea. Japan J Ichthyol 40, 61-64.
- Sakai H, Tanaka Y, Tsujii H, Iwata A and Ikeda I. 1999. Distribution pattern of two genetically different groups of *Odontobutis obscura* in Takatsu river and its vicinity. Japan J Ichthyol 46, 109-114.
- 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.
- 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 morpho-anatomical abnormalities. Aquaculture 232, 407-424.
- Voskoboinikova OS and Pavlov DA. 2006. Larval development of the Amur sleeper *Percottus glenii* (Perciformes, Gobioidae, Odontobutidae) and the origin of fish of the suborder Gobioidae. J Ichthyol 46, 826-841.
- Walker MB and Kimmel CB. 2007. A two-color acid-free cartilage and bone stain for zebrafish larvae. Biotech Histochem 82, 23-28.
- Yoon SM. 2004. Early life history of the naked-head goby, *Luciogobius grandis* (Arai). M. Sc. Dissertation, University of Yosun National, Yosun, Korea, 13-18.