

# 여수 연안에 서식하는 양태, *Platycephalus indicus* (농어목: 양태과) 자치어의 골격 발달

이진 · 한정민 · 정애리 · 최우성 · 이성훈<sup>1</sup> · 한경호\*

전남대학교 수산과학과, <sup>1</sup>전남대학교 수산해양산업관광레저융합학과

**Osteological Development of Larvae and Juveniles of Bartail Flathead, *Platycephalus indicus* (Perciformes: Platycephalidae) in Coastal Waters off Yeosu by Jin Lee, Chongmin Han, Ae-Ri Jung, Woo-Sung Choi, Sung-Hoon Lee<sup>1</sup> and Kyeong-Ho Han\*** (Department of Fisheries Sciences, Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea; <sup>1</sup>Department of Fishery, Marine, Industry, Tourism, and Leisure, Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea)

**ABSTRACT** This study examines the osteological development of the Bartail Flathead *Platycephalus indicus* in the cranial, vertebral, caudal bones and pelvic, shoulder girdle bones for the purpose of taxonomic studies. Adult *P. indicus* were collected from the Yeosu coast and artificially fertilized. Juveniles were reared at 18.5~21.8°C (average 20.0°C ± 0.5°C). At 3 days after hatching (total length (TL) 3.49 ± 0.32 mm), the parasphenoid and clavicle began to ossify. At 14 days after hatching (6.34 ± 0.24 mm), the parietal and exoccipital bones of the cranium, the six branchiostegal rays of the hyoid, the urostyle of the caudal bones and the actinost of the shoulder girdle had ossified. At 39 days after hatching (11.39 ± 0.86 mm), the preorbital and suborbital bones of the cranium were ossified, ossification of the pelvis girdle had begun, and the shoulder girdle was fully ossified. The number of vertebral columns were 26. At 45 days after hatching (12.63 ± 0.62 mm), the nasal and supraorbital bones were ossified and the entire skeleton of the juvenile was completely ossified.

**Key words:** *Platycephalus indicus*, Platycephalidae, fish larvae, osteology, skeletal development

## 서론

양태 (*Platycephalus indicus*)는 농어목(Perciformes) 양태과(Platycephalidae)에 속하는 어류로 한반도 중남부의 연안 해역에서부터 일본 남부 연안, 인도양과 서태평양에 분포하며, 홍해 남쪽으로는 남아프리카와 동아프리카, 호주 북서부와 뉴 사우스 웨일즈까지 분포하고 수에즈 운하를 통해 지중해에도 유입되었을 정도로 광범위하게 분포하는 종으로, 주로 연안의 모래나 진흙질 바닥에서 발견되는 저서어종이다(Chyung, 1977; Kuiter and Tonzuka, 2001; Nelson *et al.*, 2016; Fricke *et al.*, 2023). 전 세계적으로 양태과는 17속 86종이 분포하고 있으며 국내에 서식하

는 양태과 어류는 양태를 비롯한 까지양태(*Cociella crocodilus*), 점양태(*Inegocia japonica*), 비늘양태(*Onigocia spinosa*), 큰비늘양태(*O. macrolepis*), 봉오리양태(*Ratabulus megacephalus*), 바늘양태(*Rogadius asper*), 큰눈양태(*Suggrundus meerdervoortii*)로 총 7속 8종이 보고되어 있다(Fricke *et al.*, 2023; MABIK, 2024).

양태는 국내에서 회 또는 건어물 등 식재료로 이용되며 해외에서도 좋은 식용 생선으로 평가될 정도로 그 자원적 가치가 높으나 양식업에서의 활용도는 조피볼락, 넙치와 같은 주요 어종에 밀려 매우 낮은 실정이고, 자원량 역시 연안 생태계 훼손 및 남획으로 인해 감소되고 있는 추세이다(Knapp, 1996; Aberoumand and Ziaei-Nejad, 2015; Lee *et al.*, 2023).

국내의 양태는 과거 여러 저자들에 의하여 단일 종인 *Platycephalus indicus*로 알려져 있었으나(Mori, 1952; Chyung, 1977; Kim and Kang, 1993), Lee and Joo (1998)는 국내의 양태속

저자 직위: 이진 (박사), 한정민 (대학원생), 정애리 (대학원생), 최우성 (대학원생), 이성훈 (교수), 한경호 (교수)  
\*Corresponding author: Kyeong-Ho Han Tel: 82-61-659-7163, E-mail: aqua05@jnu.ac.kr



다. 이후 만능투영기(V-12BS, Nikon, Japan)와 입체해부현미경(SMZ800, Nikon, Japan)을 이용하여 두개골, 악골, 내장골, 견대골, 척추골 및 미골부를 중심으로 관찰하였다. 골격의 각 부위 명칭은 Kim(1989)을 따랐다.

## 결 과

양태 자치어의 발육 단계에 따른 골격 발달은 두개골 및 내장골, 척추골과 미추골 및 요대골, 견대부로 나누어 관찰하였으며, 발육 단계별 골격 발달은 Tables 1~3과 같았다.

### 1. 두개골 및 내장골

부화 직후의 자어는 전장 2.71~3.05 mm (평균 2.93 ± 0.12 mm, n = 10)로 아직 골화가 일어나지 않았고, 부화 후 3일째 전

장 3.17~3.81 mm (평균 3.49 ± 0.32 mm, n = 10)의 자어에서부터 두개부에 가늘고 긴 막대 모양의 부설골(parasphenoid)이 골화하였다(Fig. 1A).

부화 후 5일째 자어는 전장 3.65~4.11 mm (평균 3.88 ± 0.23 mm, n = 10)로 두개부에 액골(frontal)이 골화하였고, 악골 부분에서는 위턱의 전상악골(premaxillary)과 주상악골(maxillary)이, 아래턱의 치골(dentary)이 골화되기 시작하였다(Fig. 1B).

부화 후 10일째 자어는 전장 5.02~5.34 mm (평균 5.18 ± 0.16 mm, n = 10)로 두개부에서는 상후두골(supraoccipital), 기저후두골(basioccipital)이 골화하기 시작하였고, 새개부에서는 주새개골(opercle)과 톱니 모양의 전새개골(preopercle)이 골화하였으며, 입천정부에는 외익상골(ectopterygoid), 설악골(hyomandibural), 방골(quadrate)이 골화하였으며, 설궁부에서는 각설골(ceratohyal)과 새조골(branchiostegal ray) 3개가 골화하기 시작하였다(Fig. 1C).

**Table 2.** The ossification process of visceral skeleton in *Platycephalus indicus*

Characters		Day after hatching	3	5	10	14	23	28	39	45
		(TL, mm)	(3.49)	(3.88)	(5.18)	(6.48)	(7.55)	(9.78)	(11.94)	(13.52)
Orbital region	Preorbital								██████████	██████████
	Suborbital								██████████	██████████
	Supraorbital									██████████
Upper jaw	Premaxillary			██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
	Maxillary			██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Lower jaw	Dentary			██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
	Articular							██████████	██████████	██████████
	Angular							██████████	██████████	██████████
Hyoid arch	Ceratohyal				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
	Branchiostegal ray				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
	Epihyal					██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
	Interhyal						██████████	██████████	██████████	██████████
	Urohyal						██████████	██████████	██████████	██████████
Palate	Ectopterygoid				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
	Hyomandibural				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
	Quadrate				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
	Endopterygoid						██████████	██████████	██████████	██████████
	Metapterygoid						██████████	██████████	██████████	██████████
	Symplectic						██████████	██████████	██████████	██████████
Opercular	Opercle				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
	Preopercle				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
	Subopercle						██████████	██████████	██████████	██████████
	Interopercle								██████████	██████████

**Table 3.** The ossification process of vertebrae, pterygiophore, caudal skeleton, shoulder girdle and pelvic girdle in *Platycephalus indicus*

Characters		Day after hatching (TL, mm)	3 (3.49)	6 (4.02)	9 (4.85)	14 (6.48)	20 (7.32)	25 (8.63)	39 (11.94)	45 (13.52)
Vertebrae	Vertebra			████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████
	Neural spine			████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████
	Rib					████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████
	Hemal spine						████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████
	Parapophysis							████████████████████	████████████████████	████████████████████
Pterygiophore	Interneural spine				████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████
	Interhemal spine				████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████
	Basiost				████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████
Caudal skeleton	Urostyle bone					████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████
	Hypural bone						████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████
	Parhypural bone						████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████
	Epural bone								████████████████████	████████████████████
Shoulder girdle	Clavicle		████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████
	Coracoid				████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████
	Posttemporal				████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████
	Supraclavicle				████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████
	Scapula					████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████
	Supraclavicle					████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████
	Antinost					████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████
	Postclavicle						████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████
Pelvic girdle	Pelvic bone								████████████████████	████████████████████

부화 후 14일째 자어는 전장 6.10~6.58 mm (평균 6.34±0.24 mm, n = 10)로 두개부의 노정골 (parietal)과 외후두골 (exoccipital)이, 설궁부에는 상설골 (epihyal)이 골화하였으며 새조골 3개가 새로 골화하여 총 6개의 새조골이 골화하였다 (Fig. 1D).

부화 후 23일째 자어는 전장 7.32~7.56 mm (평균 7.44±0.12 mm, n = 10)로 두개부의 익설골 (alisphenoid), 설이골 (sphenotic), 전이골 (prootic), 서골 (vomer), 사골 (etmoid)이 골화되었다. 또한 새개부에서는 하새개골 (subopercle)이 골화되고 전새개골의 극이 2개가 되었으며, 설궁부에서는 간설골 (interhyal)과 미설골 (Urohyal)이 골화하기 시작하였고, 입천정부의 내익상골 (endopterygoid), 후익상골 (metapterygoid), 접속골 (symplectic)이 골화하기 시작하였다 (Fig. 1E).

부화 후 28일째 자어는 전장 8.03~9.79 mm (평균 8.91±0.88 mm, n = 10)로 턱부분에 관절골 (articular)과 각골 (angular)이 골화하기 시작하였다 (Fig. 1F).

부화 후 39일째 자어는 전장 10.53~12.25 mm (평균 11.39±0.86 mm, n = 10)로 안부의 안전골 (preobital)과 안하골 (sub-

orbital)이 골화하기 시작하였으며, 새개부에서는 간새개골 (interopercle)이 골화하기 시작하였다 (Fig. 1G).

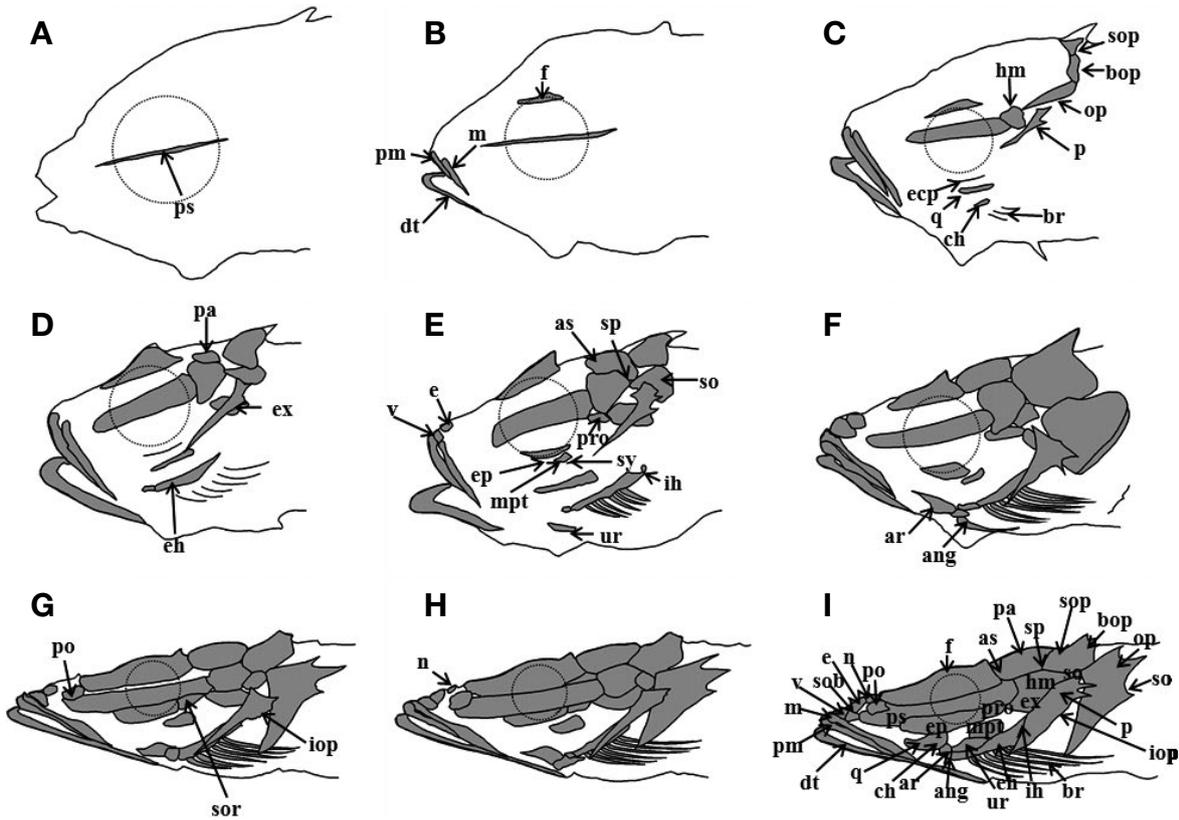
부화 후 45일째 자어는 전장 12.01~13.25 mm (평균 12.63±0.62 mm, n = 10)로 두개부의 비골 (nasal)이 골화하기 시작하였고 (Fig. 1H), 안부의 안상골 (superorbital)이 골화되면서 두개부의 모든 골격이 완성되었다 (Fig. 1I).

## 2. 척추골, 담기골, 미추골 및 요대골

양태의 척추골 골격은 부화 후 6일째 전장 3.88~4.42 mm (평균 4.20±0.31 mm, n = 10) 복추골 (abdominal vertebra)과 신경극 (neural spine)부터 골화되기 시작하였다 (Fig. 2A).

부화 후 9일째 자어는 전장 4.53~5.17 mm (평균 4.85±0.32 mm, n = 10)로 5개의 복추골이 골화하기 시작하였고 신경극은 8개가 골화하였다 (Fig. 2B).

부화 후 14일째 자어는 전장 6.32~6.64 mm (평균 6.48±0.16 mm, n = 10)로 11개의 복추골이 골화되었고, 신경극은 13개로 증가했으며 내장을 보호하는 늑골 (rib)의 골화가 시작되었으며,



**Fig. 1.** Ossification of the cranium and visceral skeleton in *Platycephalus indicus*. A: TL 3.49 mm; B: TL 3.88 mm; C: TL 5.18 mm; D: TL 6.34 mm; E: TL 7.44 mm; F: TL 8.91 mm; G: TL 11.39 mm; H: TL 12.63 mm; I: completely ossified cranium and visceral skeleton. ang: angular; ar: articular; as: alisphenoid; bop: basioccipital; br: branchiostegal ray; ch: ceratohyal; dt: dentary; e: ethmoid; ecp: ectopterygoid; eh: epihyal; ep: endopterygoid; ex: exoccipital; f: frontal; hm: hyomandibular; ih: interhyal; iop: interopercle; m: maxillary; mpt: metapterygoid; n: nasal; op: opercle; p: preopercle; pa: parietal; pm: premaxillary; po: preobital; pro: prootic; ps: parasphenoid; q: quadrate; so: subopercle; sob: supraorbital; sop: supraoccipital; sor: suborbital; sp: sphenotic; sy: symplectic; ur: urohyal; v: vomer.

또한 미부에서 미부봉상골(urostyle bone)이 골화하기 시작하였다. 담기골의 경우 등지느러미를 지지하는 신경간극(interneural spine)이 제1등지느러미 5개, 뒷지느러미를 지지하는 혈관간극(intermemal spine) 1개가 골화되었다. 또한 지느러미줄기가 발달하면서 기기골(basiost) 역시 골화하기 시작하였다(Fig. 2C).

부화 후 20일째 후기 자어는 전장 6.90~7.74 mm (평균 7.32 ± 0.42 mm, n = 10)로 척추골 추체는 14개, 늑골은 6개로 증가하였고 혈관극(hemal spine) 4개가 골화하기 시작하였다. 미부의 하미추골(hypural bone)과 그 아래의 준하미추골(parhypural bone)이 골화하였으며, 그 위에 제1, 2하미추골이 골화하기 시작하였다. 담기골은 제1등지느러미 신경간극이 7개, 제2등지느러미 신경간극 3개로 총 10개, 뒷지느러미 혈관간극 3개가 골화되었다(Fig. 2D).

부화 후 25일째 후기 자어는 전장 8.29~8.97 mm (평균 8.63 ± 0.34 mm, n = 10)로 척추골의 추체는 22개, 늑골은 8개가 골화하였고, 측돌기(parapophysis)가 골화를 시작하였다. 미부의 제3, 4하미추골이 골화하기 시작하였으며 혈관극이 10개 골화하였다. 담기골은 제1등지느러미 신경간극이 7개, 제2등지느러미 신경

간극 12개로 총 19개, 뒷지느러미 혈관간극 12개가 골화되었다(Fig. 2E).

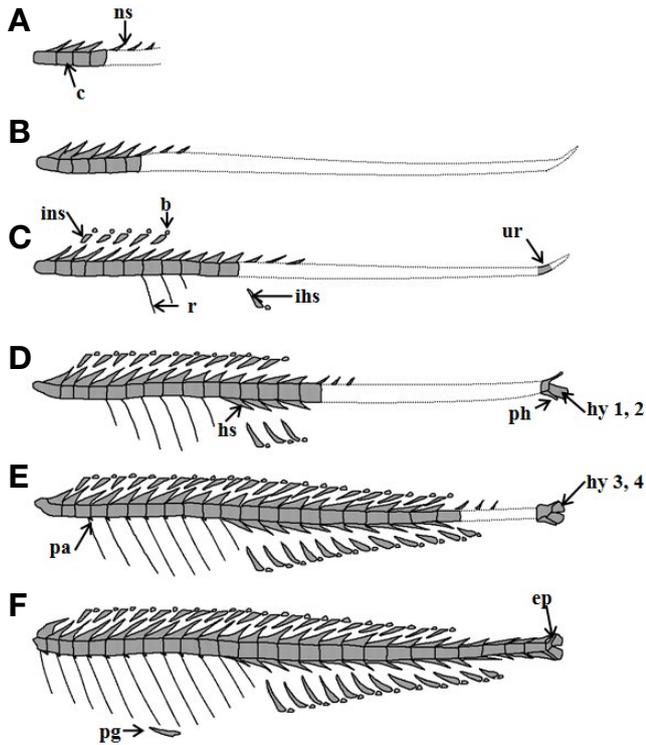
부화 후 39일째 후기 자어는 전장 11.71~12.17 mm (평균 11.94 ± 0.23 mm, n = 10)로 척추골 추체는 26개, 늑골은 11~12개가 골화하였고, 배지느러미를 지지하는 요대골(pelvic girdle)이 골화하기 시작하였다. 미부에서는 상미축골(epural bone)이 골화하였다(Fig. 2F).

부화 후 45일째 치어는 전장 13.30~13.74 mm (평균 13.52 ± 0.22 mm, n = 10)에 달하면서 척추골 추체는 26개, 늑골은 12개가 되어 성체의 수와 일치하게 되었고, 담기골, 미추골 및 요대골의 골화가 완성되었다.

### 3. 견대골

양태의 견대골은 부화 후 3일째 자어는 전장 3.16~3.80 mm (평균 3.48 ± 0.32 mm, n = 10)에 달하면서 가장 먼저 쇄골(clavicle)이 골화되기 시작하였다(Fig. 3A).

부화 후 10일째 후기 자어는 전장 5.02~5.34 mm (평균 5.18 ± 0.16 mm, n = 10)로 오혜골(coracoid)과 견갑골(scapula) 부위가



**Fig. 2.** Ossification of the vertebrae, pterygiophore and pelvic girdle in *Platycephalus indicus*. A: TL 4.20 mm; B: TL 4.85 mm; C: TL 6.48 mm; D: TL 7.32 mm; E: TL 8.63 mm; F: TL 11.94 mm. b: basios; c: centrum; ep: epural bone; hs: hemal spine; hy: hypural bone; ihs: interhemal spine; ins: interneural spine; ns: neural spine; pa: parapophysis; pg: pelvic girdle; ph: parahypural bone; r: rib; ur: urostyle bone.

서로 접속되어 골화되기 시작하였고 쇄골이 굽어지면서 상쇄골(superclavicle)과 후측두골(posttemporal)이 골화하기 시작하였다(Fig. 3B).

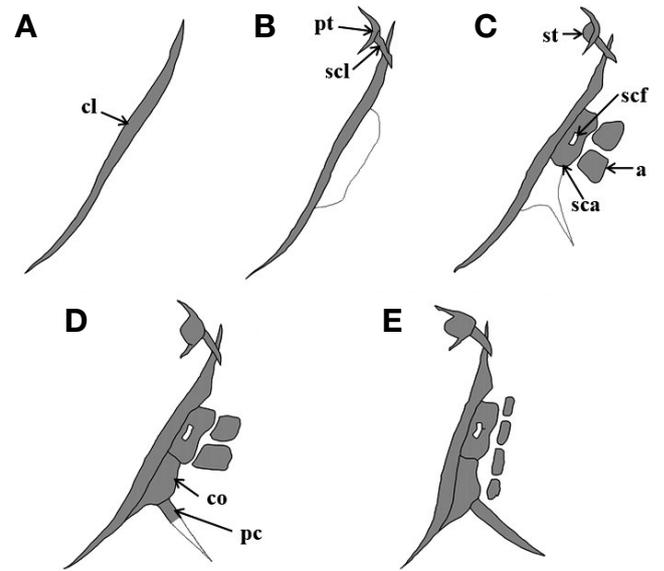
부화 후 14일 째 후기 자어는 전장 6.24~6.72 mm (평균  $6.48 \pm 0.24$  mm,  $n = 10$ )로 상측두골(supertemporal)과 견갑골(scapula)이 골화하기 시작하였고 사출골(actinost) 2개가 골화하였다(Fig. 3C).

부화 후 20일 째 후기 자어는 전장 6.90~7.74 mm (평균  $7.32 \pm 0.42$  mm,  $n = 10$ )로 후쇄골(postclavicle)이 골화하기 시작하였고 사출골 2개가 추가로 골화하기 시작하였다(Fig. 3D).

부화 후 39일째 후기 자어는 11.71~12.17 mm (평균  $11.94 \pm 0.23$  mm,  $n = 10$ )로 쇄골의 위쪽이 두터워지면서 사출골이 점점 축소되었고, 총 4개의 사출골이 골화하여 견대부의 모든 골격이 완성되었다(Fig. 3E).

## 고 찰

경골어류의 골격 발달이 시작되는 시기는 어종에 따라 차이



**Fig. 3.** Ossification of the shoulder girdle region in *Platycephalus indicus*. A: TL 3.48 mm; B: TL 5.18 mm; C: TL 6.48 mm; D: TL 7.32 mm; E: TL 11.94 mm. a: antinost; cl: clavicle; co: coracoid; pc: postclavicle; pt: posttemporal; sca: scapula; scf: scapular foramen; scl: supraclavicle; st: supratermporal.

가 나타난다. 송사리 *Oryzias latipes* (Langille and Hall, 1987)와 연어과 어류의 경우에는 부화 이전에 골격 발달이 시작되지만 (Hu *et al.*, 2018), 양태는 성대과(Triglidae)에 속하는 *Prionotus carolinus* (Yuschak and Lund, 1984), *P. evolans* (Yuschak, 1985)와 양볼락과(Scorpaenidae)에 속하는 볼락 *Sebastes inermis* (Kim *et al.*, 1993), 쏜뱅이 *Sebastes marmoratus* (Kim *et al.*, 1997), 붉은쏜뱅이 *Sebastes tertius* (Han *et al.*, 2001), 황해볼락 *Sebastes koreanus* (Park *et al.*, 2015a)과 같이 부화 이후에 골격이 골화하였다.

양태는 부설골과 쇄골이 먼저 골화하기 시작하였고, 이후 액골과 전상악골, 주상악골, 치골이 골화하였다. 자어에 있어 악골과 쇄골이 먼저 발달하는 경향은 성대과의 *P. carolinus* (Yuschak and Lund, 1984), *P. evolans* (Yuschak, 1985), 양볼락과의 볼락(Kim *et al.*, 1993), 쏜뱅이(Kim *et al.*, 1997), 바리과(Serranidae)의 능성어 *Epinephelus septemfasciatus* (Park *et al.*, 2015b) 등과 같은 다른 농어목 어류에서도 유사한 경향을 보였다. 이러한 골격 발달 순서는 이외에도 정어리 *Sardinops melanostictus* (Matsuoka, 1997), 청어 *Ilisha elongata* (Han *et al.*, 2000), 전어 *Konosirus punctatus* (Seo *et al.*, 2023), 자주복 *Takifugu rubripes* (Park and Kim, 1991), 줄복 *Takifugu pardalis* (Han *et al.*, 2005), 저울베도라치 *Entomacrodus stellifer* (Kim *et al.*, 1992a) 및 미끈망둑 *Luciogobius guttatus* (Kim *et al.*, 1992b)과 같은 다양한 어종에서 확인되었는데, 악골은 턱을 구성하고, 섭이와 호흡에 중요한 역할을 하며, 쇄골은 입의 개구와 호흡에

기능하는 근육을 지지하는 역할을 한다(Vandewalle *et al.*, 1997; Wagemans and Vandewalle, 1999; Kang *et al.*, 2012). 따라서 어류 자어의 골격 발달에 있어 악골부와 쇄골이 먼저 발달하는 것은 생리적 기능과 골격 발달이 연관되어 있음을 시사한다고 볼 수 있다(Kohno *et al.*, 1996).

양태의 새개부는 주새개골과 톱니 모양의 전새개골이 먼저 골화되고 이후 하새개골, 간새개골 순으로 골화되며, 이러한 골격 발달과정은 일반적으로 여러 분류군에서 나타나는 것과 동일하였다(Park *et al.*, 2015b). 초기 자어에 있어 머리의 가지, 용기부는 그 수와 형태가 종마다 차이가 있어 동정에 활용된다(Dunn, 1983). 양태의 전새개골은 부화 후 10일째 평균 전장 5.18 mm의 자어에서 전새개골 극이 톱니 모양으로 발달하기 시작하여 이후 2개의 극이 발달하였다. 골격 발달 초기에 있어 전새개골극의 수는 썸뱅이(Kim *et al.*, 1997)와 붉은썸뱅이(Han *et al.*, 2001)는 1개, 볼락(Kim *et al.*, 1993)과 조피볼락 *Sebastes schlegelii* (Kim and Han, 1991)이 2개, 황해볼락(Park *et al.*, 2015a)과 *P. carolinus* (Yuschak and Lund, 1984), *P. evolans* (Yuschak, 1985)이 3개, 쭈기미 *Inimicus japonicus* (Imamura and Yabe, 1998)가 3개와 4번째 극이 비슷한 시기에 발달하여 초기 자어 시기에 있어 종마다 전새개골극 수가 차이를 보였다. 또한 양태는 전새개골이 초기에 톱니 모양이었다가 발달이 진행되면서 2개의 가시가 발달하고 이후 성어까지 그 수가 변하지 않았지만(Kim *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2023), 붉은썸뱅이(Han *et al.*, 2001)는 1개에서 5개로 증가하였고, 볼락(Kim *et al.*, 1993)은 2개에서 4개로 증가하였으며, 쭈기미(Imamura and Yabe, 1998)는 3, 4번째 극이 동시에 발달한 후 수가 변하지 않았다. 또한 *P. carolinus* (Yuschak and Lund, 1984), *P. evolans* (Yuschak, 1985)에서는 그 개수가 초기 자어에 3개에서 성장하면서 다시 감소하는 등 전새개골 가시의 발달은 어종마다 차이를 보이는 것으로 나타났다.

가슴지느러미를 지지하는 견대부 골격은 유연능력과 관련되어 있다고 알려져 있다(Mun *et al.*, 2019). 양태의 견대부는 쇄골부터 발달하기 시작하여 오혜골, 견갑골, 상쇄골, 후측두골, 상측두골, 사출골, 후쇄골 순으로 발달하였는데, 이러한 발달과정은 볼락(Kim *et al.*, 1993), 썸뱅이(Kim *et al.*, 1997), 쭈기미(Imamura and Yabe, 1998)와 비교하여 쇄골이 가장 먼저 발달하는 것은 동일하였으나, 상쇄골과 후쇄골의 발달 순서는 종 간에 차이가 있었다.

양태의 척추골은 부화 후 6일째 복추골과 신경극부터 골화하기 시작하여 부화 후 39일 평균 전장 11.94 mm에서는 척추골의 개수가 26개로 되어 정수에 도달하였다(Han *et al.*, 2019). 같은 양태속 어류인 Magochi, *Platycephalus* sp. (Tsukashima and Miyaki, 1999)는 부화 후 14일 평균 전장 5.10 mm부터 1~4번째 추체가 골화되기 시작하여 부화 후 22일 평균 전장 10.92 mm에 척추골이 완전히 골화되고 추체의 개수가 26개가 되어 이 연구와 동일하였으나, Makino *et al.* (2006)의 연구에서 Magochi

의 경우 척추골 수가 27~28개로 본 연구와 차이를 보였다. 척추골의 수와 형태, 발달과정은 분류학적으로 유용하게 사용될 수 있고 계통학적으로 중요한 특성이므로 자치어 동정의 기본적인 계측 형질이다(Dunn, 1983). 양태와 Magochi는 형태적으로 매우 유사하지만 서로간의 분류학적 위치는 불분명한 상태로(Lee and Joo, 1998; Lee *et al.*, 1999; Zhi and Gao, 2017), Tsukashima and Miyaki (1999), Makino *et al.* (2006)의 경우 같은 Magochi 임에도 척추골 개수에서 차이를 보였는데 이는 친어의 채집지가 각각 동중국해에 접한 나가사키현 노모자키와 태평양에 접한 도쿄만으로 다르기 때문으로 생각되며, 같은 종에 있어서도 서식 지역에 따라 척추골의 개수에 차이가 있는 경우는 여러 종에서 보고되어 있다(Hatanaka and Sekino, 1956; Yasuda, 1965; Iwata and Hamai, 1972). 이 연구의 친어 역시 Tsukashima and Miyaki (1999)의 Magochi와 같이 동중국해에 접한 해역인 여주시 개도 연안에서 채집되어 척추골의 개수가 일치하는 것은 양측의 근연관계를 의미할 수 있을 것으로 생각되나 정확한 확인을 위해서는 추가적인 연구가 필요하다.

양태는 추체가 완전히 발달하기 이전에 미부봉상골이 골화하였는데, 이는 같은 양태속의 Magochi (Tsukashima and Miyaki, 1999)에서도 동일하였으며 볼락(Kim *et al.*, 1993), 황해볼락(Park *et al.*, 2015a), 점농어(Kang *et al.*, 2012), 붉은썸뱅이(Han *et al.*, 2001), 썸뱅이(Kim *et al.*, 1997) 역시 이와 같은 경향을 보였다. 한편 조피볼락(Kim and Han, 1991)과 *P. carolinus* (Yuschak and Lund, 1984), *P. evolans* (Yuschak, 1985), 쭈기미(Imamura and Yabe, 1998)는 추체가 발달한 이후에 미부봉상골이 골화하여 그 순서는 분류군별로 차이가 있는 것으로 생각된다.

어류 골격 발달의 차이는 환경과 생리적 기능에 깊게 연관되어 있으며, 많은 해산 경골어류에서 자어가 성장하면서 자어의 특징을 상실하고 성어의 특징이 발달함과 동시에 형태적, 생리적, 생태적 변화가 일어나는 변형 및 변태가 일어난다(Kohno *et al.*, 1996; McMenamin and Parichy, 2013). 저서어종의 경우 저서생활에 적응하기 위하여 양안 간격이 좁아지면서 눈이 위쪽으로 향하는 변형이 일어나는데, 양태와 어류 역시 자어기에는 두개부와 목덜미 부분(nape)이 둥글고 몸이 측편된 것이 특징이나 성어의 경우 눈이 위쪽을 향하고 양안 간격이 좁아지는 변형이 일어난다(Fujita and Ueno, 1956; Leis and Rennis, 1983; Kojima, 1988; Hyndes *et al.*, 1992; Hirota and Sasaki, 1998). 양태는 부화 직후부터 부화 후 39일, 평균 전장 11.39 mm까지 형태적 변화가 없었으나 이후 두개부의 골격이 변형되어 납작한 형상을 띠게 되고 쇄골의 상부가 두터워지는 등 골격의 변화가 관찰되기 시작하였으며, 이와 같은 양태의 변형은 부유생활에서 착저하여 저서생활로 들어가는 생태적 변화에 적응하여 이루어지는 것으로 생각된다.

양태의 골격 변형은 두개골 및 내장골의 골화가 대부분 진행

된 후 시작되었으나, 납서대과(Soleidae)의 *Solea solea*, *Buglossidium luteum*, 가자미과(Pleuronectidae)의 *Pleuronectes platessa*, *P. limanda*, *Platichthys flesus*, *Microstomus kitt* (Brewster, 1987)의 경우 두개골의 부설골만이 골화된 시점에서 변태가 시작되어 차이를 보였다. 이는 변태 과정에서 변형의 정도 차이에 의한 것으로 보이지만 더 정확한 비교를 위해 근연종의 골격 발생 및 초기생활사에 관한 연구가 추가적으로 진행되어야 할 것이다.

## 요 약

이 연구는 양태 자치어의 골격 발달을 관찰하여 분류학적 연구에 활용하기 위해 두개부, 척추 및 미부, 요대부와 견대부로 나누어 관찰하였다. 여수 연안에서 채집한 양태를 인공 수정하여 그 자치어를 18.5~21.8°C (평균 20.0°C)에서 사육하였다. 부화 후 3일째 평균 전장 3.49±0.32 mm에 부설골과 쇄골이 처음으로 골화하기 시작하여 부화 후 14일째 평균 전장 6.34±0.24 mm에 두개골의 노정골과 외후두골, 설궁부의 6개의 새조골, 미부의 미부봉상골, 견대의 사출골이 골화하였다. 부화 후 39일 평균 전장 11.39±0.86 mm에 두개골의 안전골과 안하골이 골화하고, 척추골이 26개가 되었으며 요대골의 골화가 시작되었고 견대부의 모든 골격이 완성되었다. 부화 후 45일째 평균 전장 12.63±0.62 mm에서 비골과 안상골이 골화되며 자치어의 모든 골격이 완성되었다.

## 사 사

부족한 논문을 주의 깊게 심사하여 주신 두 분의 심사위원 분들에게 깊은 감사드립니다.

## REFERENCES

- Aberoumand, A. and S. Ziaei-Nejad. 2015. Effect of cooking on quality commonly consumed marine fish *Platycephalidae* (*Platycephalus indicus*) in Iran. *TURJAF*, 3: 891-893. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v3i11.891-893.385>.
- Ahlstrom, E.H. and H.G. Moser. 1976. Eggs and larvae of fishes and their role in systematic investigations and in fisheries. *Rev. Trav. Inst. Pech. Marit.*, 40: 379-398.
- Blaxter, J.H.S. 1992. The effect of temperature on larval fishes. *Neth. J. Zool.*, 42: 336-357. <https://doi.org/10.1163/156854291X00379>.
- Brewster, B. 1987. Eye migration and cranial development during flatfish metamorphosis: A reappraisal (Teleostei: Pleuronectiformes). *J. Fish Biol.*, 31: 805-833.
- Chen, Z., N. Song, J. Zou, Y. Qin, L. Ma and T. Gao. 2020. Identification of species in Genus *Platycephalus* from Seas of China. *J. Ocean Univ. China*, 19: 417-427. <https://doi.org/10.1007/s11802-020-4158-1>.
- Choi, Y., J.H. Kim and J.Y. Park. 2003. Marine fishes of Korea. Kyuo-Hak. Seoul, Korea, 747pp.
- Chyung, M.K. 1977. The fishes of Korea. Ilji-sa, Seoul, Korea, 727pp.
- Çoban, D., C. Suzer, H.O. Kamaci, Ş. Saka and K. Firat. 2009. Early osteological development of the fins in the hatchery-reared red porgy, *Pagrus pagrus* (L. 1758). *Appl. Ichthyol.*, 25: 26-32. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2008.01165.x>.
- Divanach, P., N. Papandroulakis, P. Anastasiadis, G. Koumoundouros and M. Kentouri. 1997. Effect of water currents during postlarval and nursery phase on the development of skeletal deformities in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) with functional swimbladder. *Aquaculture*, 156: 145-155. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00072-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00072-0).
- Dunn, J.R. 1983. The utility of developmental osteology in taxonomic and systematic studies of teleost larvae: A review. NOAA Tech. Rep., NMFS Circ. 450, Department of Commerce, Washington, D.C., U.S.A., 19pp.
- Fricke, R., W.N. Eschmeyer and J.D. Fong. 2023. Eschmeyer's catalog of fishes: Species by Family/subfamily. Electronic version. <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp> (accessed 2023/12/17).
- Fujita, S. and M. Ueno. 1956. On the egg development and prelarval stages of *Platycephalus indicus* (Linné). *Sci. Bull. Fac. Agr., Kyushu Univ.*, 15: 513-518.
- Han, K.H., D.Y. Kim, B.Y. Noh, S.H. Oh, Y.M. Kim, D.S. Jin and Y.U. Kim. 2000. Morphological and skeletal development of larvae and juveniles of the slender, *Ilisha elongata* (Bennett) (Teleostei: Clupeidae). *Korean J. Ichthyol.*, 12: 230-235.
- Han, K.H., J.K. Cho, S.H. Lee, S.Y. Hwang, S.M. Yoon, W.I. Seo and C.C. Kim. 2005. Osteological development of the larvae and juveniles of *Takifugu pardalis* (Teleostei: Tetraodontidae). *Korean J. Ichthyol.*, 17: 29-35.
- Han, K.H., S.H. Lee, H.J. Kim and B.R. Chu. 2019. Vertebrae and pterygiophore characteristics of three species of the family *Platycephalidae*. *S.F.O.*, 31: 7-12. <https://doi.org/10.22714/SFO.2022.31.1.2>.
- Han, K.H., S.K. Lim, K.S. Kim, C.W. Kim and D.J. Yoo. 2001. Osteological development of the larvae and juveniles of *Sebastes tertius* (Barsukov et Chen) in Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 13: 63-68.
- Hatakana, M. and K. Sekino. 1956. Spawning ground of the Saury, *Cololabis saira* (Breboort), in the Japan sea. *Tohoku J. Agric. Res.*, 12: 59-64.
- Hirota, M. and K. Sasaki, 1998. Development of juveniles of four flatheads (Perciformes, *Platycephalidae*) occurring in southern Japan. *Ichthyol. Res.*, 45: 291-301. <https://doi.org/10.1007/BF02673927>.

- Hu, J., Y. Liu, G. Yu, C.P. Yang, B.B. Shan, S.N. Liu and D.R. Sun. 2018. Osteological development of the vertebral column and caudal complex in larval and juvenile Blackhead Seabream, *Acanthopagrus schlegelii* (Perciformes, Sparidae) (Bleeker, 1854). *Pakistan J. Zool.*, 51: 1859-1867. <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2019.51.5.1859.1867>.
- Hyndes, G.A., F.J. Neira and I.C. Potter. 1992. Reproductive biology and early life history of the marine teleost *Platycephalus speculator* Klunzinger (Platycephalidae) in a temperate Australian estuary. *J. Fish Biol.*, 40: 859-874. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1992.tb02632.x>.
- Imamura, H. 2015. Taxonomic revision of the flathead fish genus *Platycephalus* Bloch, 1785 (Teleostei: Platycephalidae) from Australia, with description of a new species. *Zootaxa*, 3904: 151-207. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3904.2.1>.
- Imamura, H. and M. Yabe. 1998. Osteological development of the lumpfish, *Inimicus japonicus* (Pisces: Synanceiidae). *Ichthyol. Res.*, 45: 53-67. <https://doi.org/10.1007/BF02678575>.
- Iwata, M. and I. Hamai. 1972. Local forms of Walleye Pollock, *Theragra chalcogramma* (PALLAS), classified by number of vertebrae. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 38: 1129-1142.
- Kang, C.B., J.G. Myoung, Y.U. Kim and H.C. Kim. 2012. Early osteological development and squamation in the spotted sea bass *Lateolabrax maculatus* (Pisces: Lateolabracidae). *Korean J. Fish Aquat. Sci.*, 45: 271-282. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2012.0271>.
- Kawamura, K. and K. Hosoya. 1991. A modified double staining technique for making a transparent fish-skeletal specimen. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquaculture*, 20: 11-18. <https://doi.org/10.2307/1446805>.
- Kim, D.H., I.K. Kong, S.J. Rha, J.W. Yun, K.H. Han and K.H. Kho. 2011. Practical procedure of sperm cryopreservation of the bar-tailed flathead *Platycephalus indicus*. *Korean J. Ichthyol.*, 3: 75-79.
- Kim, H.R.Y., A.R. Jung, T.S. Yu, S.H. Lee and K.H. Han. 2023. Description of external morphology and osteology of the Bartail flatfish, *Platycephalus indicus* (Linnaeus, 1758). *S.F.O.*, 32: 7-12. (in publishing)
- Kim, I.S. and U.J. Kang. 1993. Coloured fishes of Korea, Academy Pub. Co, Seoul, Korea, 249pp.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated Book of Korean Fishes. Kyohak Press Co., Seoul, Korea, 512pp.
- Kim, J.K., H.J. Kwun, H.S. Ji, J.H. Park, S.H. Myoung, Y.S. Song, S.E. Bae and W.J. Lee. 2020. A guide book to marine fishes in Korea. Ministry of Oceans and Fisheries, Korea Institute of Marine Science and Technology Promotion, and Pukyong National University, Busan, Korea, 223pp.
- Kim, Y.U. 1989. Introduction of Ichthyology. Taehwa Publishing, Busan, Korea, 270pp.
- Kim, Y.U. and K.H. Han. 1991. The early life history of rockfish, *Sebastes schlegelii*. *Korean J. Ichthyol.*, 3: 67-83.
- Kim, Y.U., K.H. Han and C.B. Kang. 1992a. Morphology and skeletal development of larvae and juveniles of *Entomacrodus stellifer lighti* (Herre). *Korean J. Ichthyol.*, 4: 31-43.
- Kim, Y.U., K.H. Han and S.K. Byun. 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, Y.U., K.H. Han, C.B. Kang and J.W. Ryu. 1992b. Early life history and spawning behavior of the gobiid fish, *Luciogobius guttatus* Gill. *Korean J. Ichthyol.*, 4: 1-13.
- Kim, Y.U., K.H. Han, C.B. Kang, J.K. Kim and S.K. Byun. 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.
- Knapp, L.W. 1986. Platycephalidae. In: Smith, M.M. and P.C. Heemstra (eds.), *Smiths' Sea Fishes*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 482-486.
- Kohno, H. 1997. Osteological development of the caudal skeleton in the carangid, *Seriola lalandi*. *Ichthyol. Res.*, 44: 219-221. <https://doi.org/10.1007/BF02678700>.
- Kohno, H., R. Ordonio-Aguilar, A. Ohno and Y. Taki. 1996. Morphological aspects of feeding and improvement in feeding ability in early stage larvae of the milkfish, *Chanos chanos*. *Ichthyol. Res.*, 43: 133-140. <https://doi.org/10.1007/BF02348236>.
- Kojima, J. 1988. Platycephalidae. In: Okiyama, M. (ed.), *An atlas of the early stage fishes in Japan*. Tokai Univ. Press, Tokyo, Japan, pp. 822-829.
- Koumoundouros, G., F. Gagliardi, P. Divanach, C. Boglione, S. Cataudella and M. Kentouri. 1997a. Normal and abnormal osteological development of caudal fin in *Sparus aurata* L. fry. *Aquaculture*, 149: 215-226. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01443-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01443-3).
- Koumoundouros, G., G. Oran, P. Divanach, S. Stefanakis and M. Kentouri. 1997b. The opercular complex deformity in intensive gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) larviculture. Moment of apparition and description. *Aquaculture*, 156: 165-177. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)89294-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)89294-0).
- Koumoundouros, G., P. Divanach and M. Kentouri. 2000. Development of the skull in *Dentex dentex* (Osteichthyes: Sparidae). *Mar. Biol.*, 136: 175-184. <https://doi.org/10.1007/s002270050020>.
- Kuiter, R.H. and T. Tonzuka. 2001. Pictorial guide to Indonesian reef fishes. Part 1 Eels-Snappers, Muraenidae-Lutjanidae. Zoonectics, Australia, 302pp.
- Kwak, S.N. and S.H. Huh. 2002. Feeding habits of *Platycephalus indicus* in eelgrass (*Zostera marina*) beds in Kwangyang Bay. *Korean J. Ichthyol.*, 14: 29-35.
- Langille, R.M. and B.K. Hall. 1987. Development of the head skeleton of the Japanese medaka, *Oryzias latipes* (Teleostei). *J. Morphol.*, 193: 135-158. <https://doi.org/10.1002/jmor.1051930203>.
- Lee, C.L. and D.S. Joo. 1998. Taxonomic review of flathead fishes (Platycephalidae: Scorpaeniformes) from Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 10: 216-230.

- Lee, C.L., J.H. Kim and C.S. Kim. 1999. Taxonomic review of the genus *Platycephalus* (Platycephalidae) from Korea. Korean J. Ichthyol., 11: 143-148.
- Lee, J., J.W. Yun, K.H. Han, T.S. Yu, S.H. Lee, J.M. Park and J.H. Seo. 2022. Morphological development of eggs, larvae and juveniles of *Platycephalus indicus* caught from Yeosu. Korean J. Ichthyol., 34: 96-101. <https://doi.org/10.35399/ISK.34.2.3>.
- Lee, J., J.W. Yun, S.H. Lee and K.H. Han. 2023. Effects of water temperature and salinity on the growth and survival of larvae and juvenile of *Platycephalus indicus*. Korean J. Ichthyol. 35: 39-43. <https://doi.org/10.35399/ISK.35.1.5>.
- Leis, J.M. and D.S. Rennis. 1983. The larvae of Indo-Pacific coral reef fishes. Univ. Hawaii Press, Honolulu, 269pp.
- MABIK (Marine Biodiversity Institute of Korea). 2024. Marine Bio-Resource Information System. <https://www.mbris.kr/pub/marine/natelist/nationalist.do> (accessed 2024/2/6).
- Makino, N., K. Fujimoto and T. Nakamura. 2006. Morphological development and growth of hatchery reared Bartailed Flathead *Platycephalus* sp. Bull. Chiba Pref. Fish. Res. Ctr., 1: 63-70.
- Matsuoka, M. 1985. Osteological development in the red sea bream, *Pagrus major*. Jpn. J. Ichthyol., 32: 35-51.
- Matsuoka, M. 1997. Osteological development in the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*. Ichthyol. Res., 44: 275-295. <https://doi.org/10.1007/BF02678707>.
- McMenamin, S.K. and D.M. Parichy. 2013. Metamorphosis in teleosts. Curr. Top. Dev. Biol., 103: 127-165. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385979-2.00005-8>.
- Mori, T. 1952. Checklist of the Fishes of Korea, Mem. Hygo Univ. Agr., 1: 159-160.
- Mun, S.J., J.M. Park and K.H. Han. 2019. Osteological development of larvae and juvenile of *Hemibarbus longirostris* (Cypriniformes: Cyprinidae) from Korea. Korean J. Ichthyol., 31: 214-221. <https://doi.org/10.35399/ISK.31.4.5>.
- Nakabo, T. 1993. Fishes of Japan with pictorial keys to the species. Tokai University Press, Tokyo, Japan, 1474pp.
- Nakabo, T. 2002. Platycephalidae. In: T. Nakabo (ed.), Fishes of Japan with pictorial keys to the species, 2nd ed. Tokai University Press. Tokyo, Japan, pp. 615-620.
- Nelson, J.S., T.C. Grande and M.V.H. Wilson. 2016. Fishes of the world 5th ed. John Wiley & Sons, New York, U.S.A., 707pp.
- Park, A.J. and Y.U. Kim. 1991. Growth and Osteological development of larval stages of Puffer, *Takifugu rubripes* (Temminck et Schlegel) reared in the Laboratory. Korean J. Ichthyol., 3: 120-129.
- Park, J.M., J.K. Cho, H. Han and K.H. Han. 2015a. Morphological and skeletal development and larvae and juvenile of *Sebastes koreanus* (Pisces: Scorpaenidae). Korean J. Ichthyol., 27: 1-9.
- Park, J.Y., C.G. Hong, J.K. Cho, M.H. Son, K.H. Han and J.M. Park. 2015b. Early osteological development of the larvae and juveniles in sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus* (Pisces: Serranidae). Korean J. Ichthyol., 27: 189-198.
- Potthoff, T. and J. Tellock. 1993. Osteological development of the snook, *Centropomus Undecimalis* (Teleostei, Centropomidae). Bull. of Mar. Sci., 52: 669-716.
- Seo, J.H., K.S. Kim, J. Lee, W.J. Choi, S.H. Cha, T.S. Yu, S.H. Lee and K.H. Han. 2023. Osteological development of the larvae and juvenile in *Konosirus punctatus*. Korean J. Ichthyol., 35: 83-90. <https://doi.org/10.35399/ISK.35.2.3>.
- Tsukashima, Y. and K. Miyaki. 1999. Development of vertebral column, caudal skeleton, and pelvic fin-supports of larvae and juvenile Flat-Head Fish, *Platycephalus* sp.. Bull. Nagasaki Pref. Inst. Fish., 25: 19-25.
- Vandewalle, P., I. Gluckmann, E. Baras, F. Huriaux and B. Focant. 1997. Postembryonic development of the cephalic region in *Heterobranchus longifilis*. J. Fish Biol., 50: 227-253.
- Wagemans, F. and P. Vandewalle. 1999. Development of the cartilaginous skull in *Solea solea*: trends on Pleuronectiforms. Ann. Sci. Nat., 1: 39-52.
- Yasuda, H. 1965. Plotting of the migration route of fishes using the "frequency ratio of vertebral number" of a group - I a Method identification of Sardine group. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 31: 659-662.
- Yun, J.W., S.H. Lee, H.J. Kim, J. Lee and K.H. Han. 2022. Effect of temperature and salinity on the egg development of *Platycephalus indicus*. S.F.O., 31: 7-12. <https://doi.org/10.22714/SFO.2022.31.1.2>.
- Yuschak, P. 1985. Fecundity, eggs, larvae and osteological development of the Striped Searobin, (*Prionotus evolans*) (Pisces, Triglidae). J. Northw. Atl. Fish. Sci., 6: 65-85. <https://doi.org/10.2960/J.v6.a7>.
- Yuschak, P. and W.A. Lund. 1984. Eggs, larvae and osteological development of the Northern Searobin, *Prionotus carolinus* (Pisces, Triglidae). J. Northw. Atl. Fish. Sci., 5: 1-15. <https://doi.org/10.2960/J.v5.a1>.
- Zhi, C. and T. Gao. 2017. Morphological re-description and DNA barcoding of *Platycephalus indicus* collected from Beihai, China. Pakistan J. Zool., 49: 1647-1655. <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2017.49.5.1647.1655>.