

Hedgehog Seahorse (*Hippocampus spinosissimus*)의 산출습성 및 형태발달

강수연^{1,2,*} · 고정락³ · 정승범¹ · 김수암²

¹부산아쿠아리움 사육전시부, ²국립부경대학교 자원생물학과, ³국립수산과학원 해외자원팀

Morphological Development and Reproductive Behavior of Hedgehog Seahorse *Hippocampus spinosissimus* (Teleostei: Syngnathidae)

Su Youn KANG^{1,2,*}, Jeong Rack KOH³, Seung Beom JEONG¹ and Suam KIM²

¹Curatorial Department, Busan Aquarium, Busan 612-845, Korea

²Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

³National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-900, Korea

This study described the reproductive behavior and the morphological development of the larvae and juvenile of the hedgehog seahorse (*Hippocampus spinosissimus*). Larvae released from male seahorse were reared for 30 days in the laboratory. At the birth, the small flap-like mouth and anus of the yolk-sac larvae were open, and the yolk was completely absorbed within 1 day. The size of newborn larvae ranged 7.01-13.19 mm (mean 9.26±1.9 mm, n=9) in TL (total length). The larvae had 15-16 pectoral fin rays and 19 dorsal fin rays, but 4 anal fin rays were not completely developed. The larval size ranged 13.38-14.38 mm (mean 13.96±0.3 mm, n=6) in TL at 1 day after release, and they had 17 pectoral fin rays, 20 dorsal fin rays and 4 anal fin rays when the larvae reached the juvenile stage. Juvenile size ranged 14.98-16.42 mm (mean 15.84±0.5 mm, n=5) in TL at 3 days after release, and 1, 4, 6, 8 trunk spines extended quickly. Terminal part of the coronet became a four-forked wedge shape concurrently. Juvenile became 23.25 mm (n=1) in TL after 15 days and all 11 trunk rings was connected completely. After 20 days, the juveniles were 24.66-28.65 mm (mean 27.26±1.6 mm, n=5) in TL, and many melanophores appeared in integument. In the eye lenses, 5-6 lusters were formed. After 30 days, the juveniles were 26.78-28.26 mm (mean 27.36±0 mm, n=4) in TL and 8-9 lusters appeared on the eye lenses. Coronet terminal part developed to a five-forked crown-shape completely.

Kew words: *Hippocampus spinosissimus*, Syngnathidae, Reproductive behavior, Morphological development

서론

해마속(genus *Hippocampus*)에 속하는 해마류는 독특한 두부 형태, 골질판, 출수공 등의 형태학적 특성과 수컷으로부터의 산출, 연중다산, 동류교배와 같은 다양한 생리, 생태학적 특성을 지니고 있고, 전 세계적으로는 약 33종의 해마가 서식하고 있는 것으로 보고된 반면(Lourie et al., 2004; Lourie and Randall, 2003), 국내에는 해마(*H. coronatus*), 복해마(*H. kuda*), 가시해마(*H. histrix*), 산호해마(*H. mohnikei*), 점해마(*H. trimaculatus*) 등 5종이 분포하고 있다(Kim and Lee, 1995).

해마류는 자치어기에 이미 성어에 가까운 독특한 외부형태를 나타내어 다른 어류와는 잘 구별되고 있지만, 종간에는 서식해역과 성장에 따라 채색, 체문 및 체돌기의 형태가 다양하게 발현되고, 종간잡종이 발생하는 등 형태학적 분류 방법으로는 그 한계점을 가지고 있어(Koh et al., 2004), 분자유전학 기술의 발전에 따른 미토콘드리아 DNA의 염기서열 분석에 따라 재분류되고 있지만 종간잡종의 성어에 관한 분류학적

재검토를 위해서는 발생학적 기초 연구가 요구되어져 왔다(Lourie et al., 1999b).

최근 해마류는 남획과 환경오염에 따른 서식지 파괴에 기인하여 개체군이 급격히 감소되어(Vincent, 1996) 일부 종은 CITES의 보호종으로 등재됨에 따라, 육아양의 형태에 관한 연구(Lourie et al., 1999a; Kuitert, 2000), 해마의 생태(Perante et al., 2002; Bell et al., 2003), 해마 두부의 형태(Bergert and Wainwright, 1997), 해마의 등지느러미 기능(Consi et al., 2001; Ashley-Ross, 2002) 등 생태학적 특성에 대한 연구가 진행되고 있을 뿐만 아니라, 자원보존과 분류학적 기초 자료가 되는 해마의 초기 생활사(Konou and Kohno, 2001; Woods, 2002)와 난 발생과정(Pham et al., 1998; Kornienko, 2001)에 관한 연구도 이루어지고 있다.

*H. spinosissimus*는 동남아시아의 방글라데시, 인도, 홍콩 해역에 분포하고 있으며, 아직 외부형태학적 발달이나 분류학적 형질이 밝혀지지 않았다. 본 연구에서는 이들의 산출습성과 난발생과정 및 성장에 따른 자치어의 형태발달을 연구하

*Corresponding author: kangsuoyo@nate.com

였고, 이 종의 형태적 특징을 싼고기과의 다른 종들과 비교하였다.

재료 및 방법

2003년 5월 1일과 5월 8일, 두 차례에 걸쳐 해마(*H. spinosissimus*) 성어 30마리(평균 전장 12 cm)를 인도네시아 발리로부터 반입하였다. 이들 친어들은 친어 사육수조에서 모두 7회 산출 하였는데, *H. spinosissimus* 수컷이 5월 24일과 25일 양일간 산출한 자어를 관찰하였고, 외부 형태 발달과정을 관찰하기 위해 난황을 지니고 있는 산출 직전의 표본은 50%, 나머지 기간은 70% Ethanol에 고정하였다.

성어는 500L 순환여과시스템 수조에 순치 및 사육하여 친어로 이용하였다. 친어 사육수조는 매일 총 여수량의 1/3을 해수로 환수하고, 자외선 살균기를 설치하여 세균에 감염되지 않도록 조치하였다. 사육수는 수온 26.2-28.1°C (평균 수온 27.3°C), 염분 33-35 psu, pH 7.9-8.2, 암모니아 0.03 ppm 이하, 질산염 20 ppm 이하로 유지하였다. 출산이 임박해진 수컷해마는 수조 내에 따로 격리하여 자치어의 산출을 유도하였다. 자치어용 수조는 40×30×20 cm 크기의 투명아크릴로 제작하였고 상부는 빛의 유입을 차단하여 산출을 유도하였다. 먹이 생물은 산출된 자치어의 성장단계에 따라 산출 직후부터 3일까지는 *Chlorella* sp.를 급여하고 3일부터 20일까지는 부화한지 1일되는 *Artemia nauplii*를, 20일부터 30일까지는 부화한지 2일 되는 *Artemia nauplii*를 혼합 급여하였다. 성어에게는 곤쟁이(*Neomysis* sp.)를 급여하였다.

표본은 해부현미경과 영상자료 분석기를 사용하여 관찰하였으며 Lourie et al. (1999a)에 따라 주둥이 길이, 두장, 체장, 미장을 0.01 mm까지 측정하였다. 체장은 두부극(cleithral ring)의 중간지점에서 체측 가장 아래 체륜의 중간 지점까지를 측정하고 미장은 체측 가장 아래 체륜의 중간지점부터 미부 끝까지를 측정하였다(Fig. 1). 산출 자어의 분류와 외부형태 발달은 Lourie et al. (1999a,b; 2004)에 따랐다.

결 과

교미 및 산출행동

친어 인공사육 수조에서 교미 및 산출행동을 관찰한 결과, 구애 행동은 오전 6시와 9시 사이에 일어났으며 여러 마리의 수컷해마가 한 마리의 암컷을 쫓아다니며 꼬리로 암컷의 꼬리를 휘감았다 놓았다 하였다. 이때 수컷은 육아낭을 부풀려 생식능력을 과시하였다. 교미 행동 시에 암수의 체색은 다갈색에서 은백색의 바탕에 검은 반점이 퍼져있는 색으로 변화하였다. 수컷의 구애 행동이 끝나면 암컷은 선택한 수컷과 함께 서로 꼬리를 휘감고서 사육 수조의 바닥부분을 이리저리 유영하다, 이후 꼬리를 풀고 기저에서 표층까지 수직 상승과 하강을 반복하는 교미행동을 나타내었다. 이후 암컷이 복부의 수란관을 이용하여 수컷의 육아낭에 산란을 하면 즉시 수정되었다. 이 수정란은 수컷의 육아낭 속에서 산출될 때까지 보호되

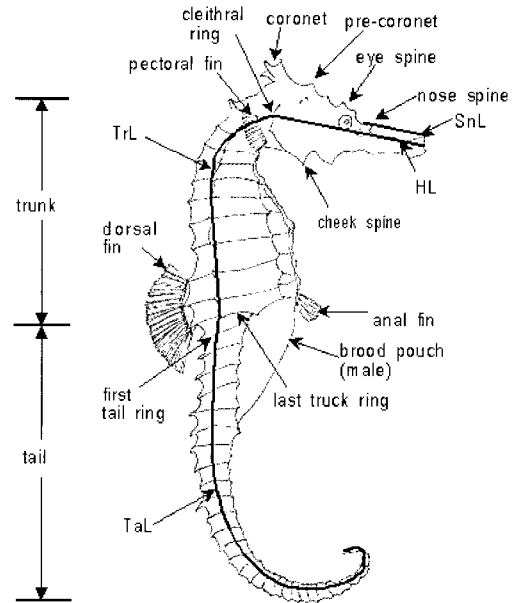


Fig. 1. Morphometric measurements of seahorses. TrL (trunk length); TaL (tail length); HL (head length); SnL (snout length); TL (total length) is defined as HL+TrL+TaL. Meristic counts: TrR (trunk rings); TaR (tail rings); PF (pectoral fin rays); DF (dorsal fin rays).

었다. 교미 후 수컷은 무리에서 다소 떨어져 지내는데 산출이 가까워질수록 복부의 육아낭이 커지고 표면은 울퉁불퉁하게 변했다. 산출은 오전 6시부터 8시 사이에 일어났으며 수컷이 몸을 아래위로 크게 구부렸다 폈다 하면서 복부에 압박을 가하면 한번에 1-2마리씩 산출되었으며 이들 자어는 곧바로 유영을 시작하였다.

자치어의 외부 형태 발달

산출직후 자어는 체장이 7.01-13.19 mm (mean 9.26±1.9 mm, n=9)로 입이 열려있어 먹이를 섭이하기 시작하였다 (Fig. 2A). 주둥이는 위턱과 아래턱이 두터웠는데 성어와 비교해 볼 때 전체적으로 굵고 짧은 형태를 나타내었다. 가슴지느러미, 등지느러미 줄기는 15-16, 19개로 분화되어 있었고 뒷지느러미 줄기는 4개의 원기가 형성되었다. 아가미는 덮여 있었고 난황이 완전히 흡수되지 않은 체측면 복부는 흑색소포가 거의 없고 딱딱하였다. 눈에 흑색포가 착색되어 있지만 렌즈는 덜 분화되었다. 체륜이 일부 형성되어 있었고 배측면 등지느러미 기저부에는 극이 발달하기 시작했다. 항문이 열려있으며 주변의 흑색소포가 진하게 나타났다. 체반돌기극(coronet)과 두부극의 형성은 뚜렷하지 않았고 비공은 덮여 있었다.

산출 1일째, 개체의 체장은 13.38-14.38 mm (mean 13.96±0.3 mm, n=6)로 가슴지느러미와 등지느러미, 뒷지느러미 줄기수는 17, 20, 4개로 정수에 달하여 자어는 치어단계로 이행하였다(Fig. 2B). 등지느러미와 뒷지느러미의 줄기 기저부는 막상에서 아직 덜 분화되었다. 이 시기에 비공이 열렸으며 동근 체반돌기극이 발달하기 시작하였고 전체반돌기극(pre-

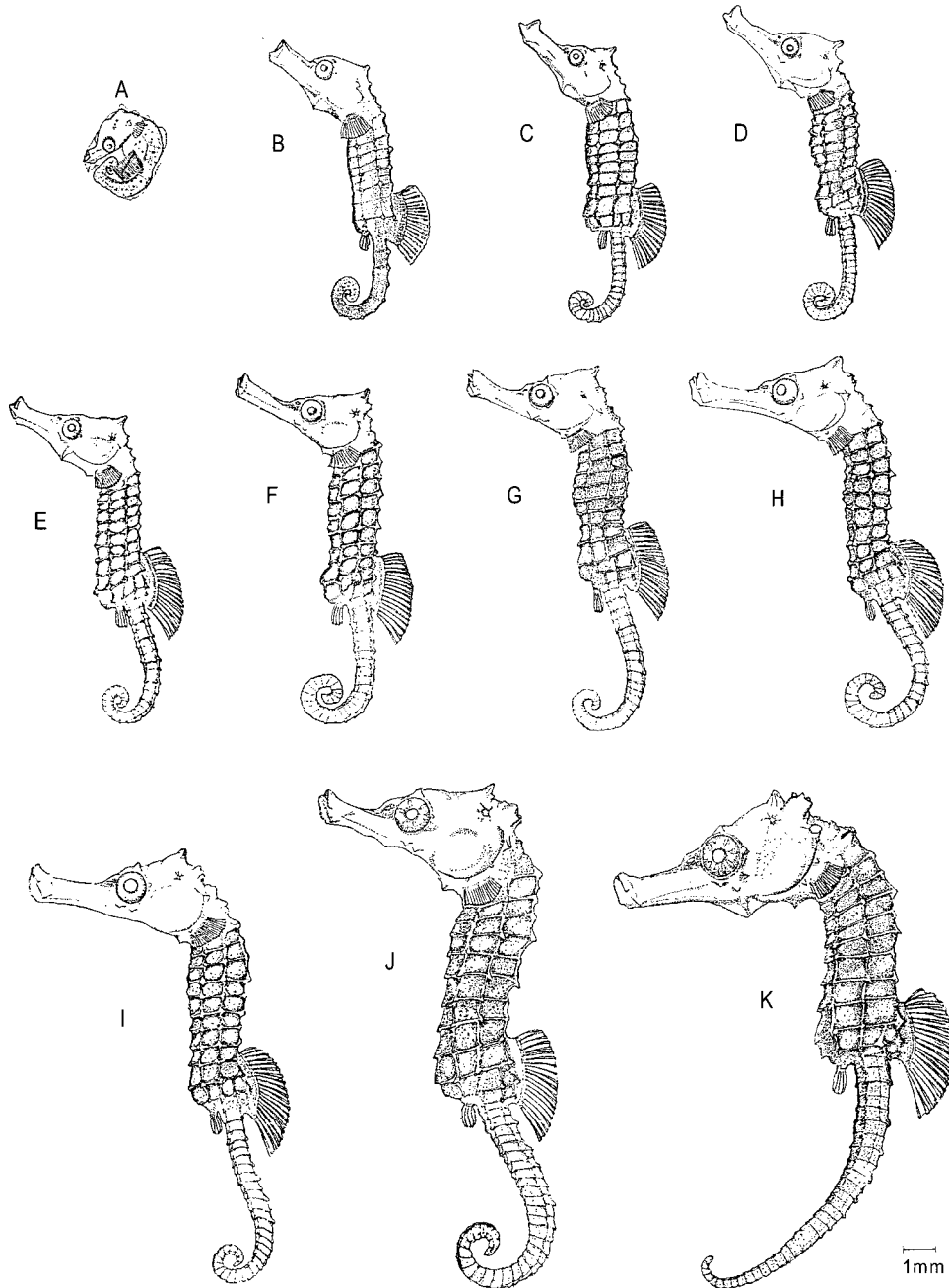


Fig. 2. Morphological development of larvae and juvenile of *H. spinosissimus* reared in the laboratory. A, Just before hatch, 7.01-13.91 mm (mean 9.26 ± 1.9 mm, $n=9$) in total length (TL); B, 1 day after release, 13.38-14.38 mm (mean 13.96 ± 0.3 mm, $n=6$) in TL; C, 2 days after release, 13.79-16.06 mm (mean 14.92 ± 0.8 mm, $n=5$) in TL; D, 3 days after release, 14.98-16.42 mm (mean 15.84 ± 0.5 mm, $n=5$) in TL; E, 5 days after release, 15.86-17.27 mm (mean 16.67 ± 0.5 mm, $n=4$) in TL; F, 7 days after release, 16.45-18.95 mm (mean 17.940 ± 0.9 mm, $n=5$) in TL; G, 9 days after release, 19.03-20.25 mm (mean 19.51 ± 0.4 mm, $n=5$) in TL; H, 13 days after release, 19.65-23.33 mm (mean 22.01 ± 1.3 mm, $n=5$) in TL; I, 15 days after release, 23.25 mm ($n=1$) in TL; J, 20 days after release, 24.66-28.65 mm (mean 27.26 ± 1.6 mm, $n=4$) in TL; K, 30 days after release, 26.78-28.26 mm (mean 27.39 ± 0.6 mm, $n=4$) in TL.

coronet)이 나타났다. 뿔뿔한 두부극이 약간 솟아오르기 시작했고 주변의 색소포가 소멸되었다. 눈은 흑색소포는 더욱 길어지고 렌즈는 더욱 발달하여 안구를 완전히 덮었다. 안상극과 안하극, 안후극이 한 개씩 형성되었다. 아래턱에도 한 개의

극이 형성되었다. 두부극 위쪽으로 출수공이 나타났다. 배측의 체륜이 완전하지 않으나 4, 6, 8번째 체륜 극이 다른 체륜의 극보다 신장되었다. 미부의 3, 6, 8, 10, 12번째 체륜이 뚜렷해지고 배측에 체륜극이 나타나기 시작했다. 난황이 완전히 흡

수되었으며 소화관이 발달하기 시작했다.

산출 2일째, 치어의 체장은 13.79-16.06 mm (mean 14.92±0.8 mm, n=5)로 가슴지느러미, 등지느러미 그리고 뒷지느러미가 완전히 발달하였으며 출수공은 더욱 발달하였다(Fig. 2C). 전체반돌기극은 등근형태를 하였으며 측면에 세로로 1줄의 용기선이 극의 말단부에서 기저부까지 신장되어 있었다. 두부극은 등근형태에서 타원형으로 발달하였다.

산출 3일째, 치어의 체장은 14.98-16.42 mm (mean 15.84±0.5 mm, n=5)로 체측의 흑색소포들이 진행해서 표피의 전체적으로 체색은 진한 갈색을 나타내었고 등지느러미와 돌기부분의 색소포는 소멸되었다(Fig. 2D). 안구 주변의 극은 복측 아래쪽에 1개, 뒷쪽에 1개가 형성되어 총 5개로 늘어났다. 체반돌기극은 4갈래의 썩기형으로 분화되었다. 두부극은 말단 부위가 타원형에서 갈라진 다각형의 형태로 변화하였고, 체측과 미부의 체륜극들이 급신장하여 몸통의 1, 4, 6, 8번째 체륜극과 미부의 3, 6, 8, 10, 12, 14, 16번째 체륜극이 잘 발달하였다.

산출 5일째, 치어의 체장은 15.86-17.27 mm (mean 16.67±0.5 mm, n=4)로 아가미 아래부분에 성상의 흑색소포가 착색되어 있었다(Fig. 2E). 두부극의 말단부는 갈라졌으며, 갈라진 각각의 끝부분은 날카로운 형태였다. 복부의 9번째 체륜극과 체륜극이 뚜렷해지기 시작하였고 미부의 체륜극은 뚜렷이 발달하기 시작하여 7개 더 늘어나 14개가 되었다.

산출 7일째, 치어의 체장은 16.45-18.95 mm (mean 17.94±0.9 mm, n=5)로 체반돌기극은 5개의 썩기형으로 분화되었으며 상부에서 관찰한 결과 전체반돌기극의 중앙에서 기저로 향하여 얇은 6개의 방사형 용기선이 형성되었다(Fig. 2F). 흑색소포는 성상으로 변화하였고 체측 면에 발달하였다.

산출 9일째, 치어의 체장은 19.03-20.25 mm (mean 19.51±0.4 mm, n=5)로 흑색소포가 뭉쳐져 점 모양에서 나뭇가지와 성상으로 변화하였다(Fig. 2G). 눈 위의 극이 눈 주위의 다른 극들보다 날카롭고 길게 발달하였다. 안하극은 1개에서 2개로 증가하였고 비공 상부에 1개의 극이 뭉뚱하게 솟아올랐다. 출수공은 더욱 발달하여 출수관의 형태로 발달되어져 있어 주둥이로 해수를 강하게 빨아들여 먹이를 포식하는 독특한 해마류 섭식 형태를 나타내기 시작하였다.

산출 13일째 치어의 체장은 19.65-23.33 mm (mean 22.01±1.3 mm, n=5)로 꼬리지느러미의 흑색소포는 성상으로 변화하였다(Fig. 2H). 아가미 뚜껑아래 1개의 극이 형성되었다.

산출 15일째 치어의 체장은 23.25 mm (n=1)로 배측 후위부가

복부보다 흑색소포가 많이 보였다(Fig. 2I). 치어의 체형은 미부의 길이가 산출직후에 평균 4.22±1.0 mm에서 10.60±1.0 mm로 급격히 증가한 반면 체측은 난황의 흡수되는 요인 등으로 길어졌다. 체륜이 완전히 발달하여 뚜렷하게 경계 지어졌고 아가미 뚜껑 아래 1개의 극이 추가되었다.

산출 20일째 치어의 체장은 24.66-28.65 mm (mean 27.26±1.6 mm, n=4)로 몸 전체가 다갈색의 흑색포로 덮여있었다(Fig. 2J). 안구의 렌즈 위에는 색소포가 침착되어 중심에서 외각의 경계선까지 5-6개의 방추형 띠가 형성되었다. 두부극의 말단부는 정확히 5개의 꽃잎처럼 분화되었고 비공 상부의 뭉뚱한 극은 안경 크기만큼 신장되었으며 안상극은 평평해져 사다리꼴 형태로 발달하였고 출수관은 더욱 신장되었다.

산출 30일째 치어의 체장은 26.78-28.26 mm (mean 27.39±0.6 mm, n=4)로 주둥이의 아래턱과 위턱은 산출직후와 비교하여 한층 얇아지고 체반 돌기극은 5갈래의 왕관 모양으로 완전히 분화되었다(Fig. 2K). 체측과 미부의 체륜은 11+35개로 완성되었으며 몸 전체의 흑색포는 더욱 짙어지고 불투명해져 체형과 체색이 성어와 유사한 형태를 나타내었다. 안구의 색소포는 방사형으로 침착된 띠가 8-9개로 증가하였다.

고 찰

*H. spinosissimus*는 총 산출시간이 이틀이고, 1회 산출 자어가 1-2마리에 불과하고 총 산출 자어가 90마리인데 반해 *H. kuda*는 총 산출시간이 약 5분이고, 1회 10-20마리의 자어를 산출하며 총 120마리를 산출하였다(Koh et al., 2004). 이는 *H. spinosissimus*의 산출 자어가 평균 9.26±1.9 mm로 *H. kuda*의 평균 7.59 mm보다 크기 때문에 산출시간이 길고 1회 산출 자어의 미수도 적은 것으로 사료된다.

*H. spinosissimus*의 수정란은 타원형으로 장축 직경이 1.32-1.75 mm이었으며 *S. acusimilis*와 *S. schlegeli*보다는 크고 *H. kuda*보다는 작았다. 자어의 경우 실험종 *H. spinosissimus*는 그 크기가 다양한 반면 *S. schlegeli*는 10.2-12.1 mm로 고른 분포를 보였다. 성어 최대 체장은 *S. acusimilis*가 24.5 cm로 가장 컸다(Table 1).

해마속 어류의 연골성 골판과 연결된 등지느러미는 먹이생물이 도망가지 않도록 천천히 접근하는데 유리하고(Lourie et al., 1999a, b) 섭이 및 교미에 중요한 역할을 하고 있을 뿐만 아니라(Consi et al., 2001), 자어가 수컷의 육아낭에서 난황을 흡수하는 동안 입과 항문보다 먼저 형성되는 특성을 가지고 있어(Pham et al., 1998) 각 지느러미의 발달은 초기

Table 1. A comparison of egg and larvae of Sygnathiformes reared in the laboratory

Species	Temperature (°C)	Egg size (mm)	Larvae size at birth (mm)	Adult size (cm)	References
<i>Hippocampus spinosissimus</i>	26.2-28.1	1.32 -1.75	7.01-13.19	-	The present study
<i>Hippocampus kuda</i>	24-29	2.1	6-8	7-17	Pham et al., 1998
<i>Syngnatus acusimilis</i>	20	1.0-1.2	8	14.0-24.5	Drozdov et al., 1997
<i>Syngnatus schlegeli</i>	18.6-19.8	0.72 - 1.01	10.2-12.1	11.7-18.5	Kim et al., 1994

Table 2. Basic morphometric statistics for Indo-Pacific *Hippocampus spinosissimus* and others (Lourie et al., 1999a)

Species	The present study	<i>H. spinosissimus</i>	<i>H. come</i>	<i>H. trimaculatus</i>	<i>H. kuda</i>	<i>H. kellogi</i>	<i>H. mohnikei</i>	<i>H. histrix</i>
n	4	53	27	54	80	22	14	22
Morphometrics								
TL (mean±SD)	27.4±0.6	135±19.4	157.8±10.1	130.0±16.8	148.0±43.3	198.5±43.3	55.3±2.1	110.5±16.5
TrL (%TL)	29.2±1.0	25.8±1.2	27.1±1.4	24.7±1.1	27.5±1.2	27.5±1.2	25.4±0.9	29.0±1.4
TaL (%TL)	45.3±1.7	54.6±2.1	52.4±2.3	56.8±1.8	54.7±1.3	52.7±1.7	57.0±0.4	47.0±1.6
HL (%TL)	25.5±0.9	19.7±1.4	20.5±1.2	18.4±1.1	19.2±0.9	19.7±0.8	17.6±1.2	24.0±0.9
SnL (%TL)	47.0±2.8	44.7±1.5	47.1±2.2	44.5±2.2	43.1±1.9	17.6±1.1	27.1±1.8	55.7±1.6
Metrics								
Number of TrR	11	11	11	11	11	11	11	11
Number of TaR	35	36 (33-39)	35-36 (34-37)	40-41 (38-43)	36 (34-38)	40 (39-41)	38 (37-40)	35 (34-37)
Pectoral fin rays	17	17 (16-19)	17 (16-19)	17-18 (16-19)	16 (15-18)	18 (17-19)	12-14	18 (17-20)
Dorsal fin rays	20	17-18 16-20	18 (17-19)	20 (18-22)	17-18	18 (17-19)	15-16	17 (15-18)

¹Based on 4 fish of 30 days old.

사망률에 밀접한 관계가 있다. 실험중 *H. spinosissimus*를 관찰한 결과 산출 직후, 이미 가슴지느러미, 등지느러미 줄기는 15-16, 19개로 분화되어 있었고 뒷지느러미 줄기는 4개의 원기가 형성되어 있어 Lourie et al. (1999a, b)의 결과와 잘 일치하였다. 또한 산출 1일후 가슴지느러미와 등지느러미, 뒷지느러미 줄기수가 17, 20, 4개로 정수에 달하여 산출 2일째 각 지느러미는 완전히 발달하여 치어단계로 빠르게 성장하여 Consi et al. (2001)의 결과와도 잘 일치하고 있었다. Koh et al. (2004)에 따르면 산출 복해마의 등지느러미 줄기수는 산출 직후 정수에 달하나 가슴지느러미는 산출 후 7일째에 정수에 달하고 체측의 체륜은 산출 직후, 미부의 체륜은 산출 후 13일째에 각각 정수에 달하였다. 실고기 *Syngnatus schlegeli*는 산출 8일 후에 각 지느러미 줄기수와 체륜이 치어에 달하고 있어(Kim et al., 1994) 치어기에 달하는 기간은 *H. spinosissimus*, *Syngnatus schlegeli*, *H. kuda* 순으로 나타났다. 실험중은 산출 2시간 이내에 공급한 *Artemia nauplii*를 섭이하였으며 또한 Koh et al. (2004)의 조산되어진 복해마 자어의 20%가 바로 섭이활동을 개시하는 것으로 나타나 Pham et al. (1998)의 등지느러미, 입과 항문의 발달이 난황의 흡수보다 먼저 일어난다는 결과와 잘 일치하고 있다.

인도 태평양 지역에 서식하는 주요 해마속 어류의 계수계측형질을 비교한 결과(Table 2), 크기가 가장 큰 종은 *H. kellogi* (mean 198.5±43.4 mm in TL)이고 가장 작은 종은 *H. mohnikei* (mean 55.3±2.1 mm in TL)이었는데, 해마속 어류의 형태학적 분류형질의 한가지인 두장대비 주둥이 길이는 *H. kellogi*와 *H. mohnikei*를 제외하곤 45% 이상에 근접한다. 자어 및 치어기는 각 지느러미와 눈의 렌즈발달 등이 진행 중임에 따라 먹이 생물의 포식이 쉽지 않으므로 주둥이가 성어에 비해 길고 높은 형태로 나타난다. 본 실험에서도 *H. spinosissimus*의 두장대비 주둥이 길이는 47.1±2.8%였지만 성어의 경우에는 44.7±1.5%로 줄어드는 결과를 보였다. *H. spinosissimus*를 포함하여 대부분의 종은 비슷한 수의 체륜과 가슴지느러미 줄기수를 지니고 있으나 *H. mohnikei* 가슴지느러미 줄기수가 12-14개로 다른 종에 비해 적었다. 등지느러미 줄기수는 실험종과

*H. trimaculatus*가 20개로 가장 많음을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- Ashley-Ross, M.A. 2002. Mechanical properties of the dorsal fin muscles of seahorse (*Hippocampus*) and pipefish (*Syngnathus*). J. Exp. Zool., 293, 561-577.
- Bell, E.M., J.F. Lockyear and J.M. McPherson. 2003. First field studies of an endangered South African seahorse, *Hippocampus capensis*. Environ. Biol. Fish., 67, 35-46.
- Bergert, B.A. and P.C. Wainwright. 1997. Morphological and kinematics of prey capture in the syngnathid fishes *Hippocampus erectus* and *Syngnathus floridae*. Mar. Biol., 67, 35-46.
- Consi, T.R., P.A. Seifert, M.S. Triantafyllou and E.R. Edelman. 2001. The dorsal fin engine of the seahorse (*Hippocampus* sp.). J. Morphol., 248, 80-97.
- Drozov, A.L., E.S. Kornienko and A.V. Krasnolutsky. 1997. Reproduction and development of *Syngnathus acusimilis*. Russ. J. Mar. Biol., 23, 265-268.
- Kim, I.S. and W.O. Lee. 1995. First record of the seahorse fish, *Hippocampus trimaculatus* (Pisces: Syngnathidae) from Korea. Kor. J. Zool., 38, 74-77.
- Kim, Y.U., K.H. Han and G. Ahn. 1994. The egg morphology and larval development of the pipefish, *Syngnathus schelegeli* Kaup. Kor. J. Ichthyol., 6, 93-98.
- Koh, J.R., D.H. Kim, S.J. Yun and T.Y. Oh. 2004. Early life history and rearing of the yellow seahorse *Hippocampus kuda* (Teleostei: Syngnathidae). Kor. J. Ichthyol., 16, 1-8.
- Konou, K. and H. Kohno. 2001. Early life history of a seahorse, *Hippocampus mohnikei*, in Tokyo Bay, Japan. Ichthyol. Res., 48, 361-368.

- Kornienko, E.S. 2001. Reproduction and development in some genera of pipefish and seahorse of the family Syngnathidae, Russ. J. Mar. Biol., 27 (Suppl. 1), S15-S26.
- Kuiter, R.H. 2000. Seahorse, Pipefish and Their Relatives: A Comprehensive Guide to *Syngnathiformes*, TMC Publishing, UK., pp. 240.
- Lourie, S.A., J.C. Pritchard, S.P. Casey, S.K. Truong, H.J. Hall and A.C.J. Vincent. 1999a. The taxonomy of Vietnam's exploited seahorses (family Syngnathidae). Biol. J. Linn. Soc., 66, 231-256.
- Lourie, S.A., A.C.J. Vincent and H.J. Hall. 1999b. In Seahorses: An Identification Guide to the World's Species and their Conservation. Project Seahorse, London, UK., pp. 214.
- Lourie, S.A. and J.E. Randall. 2003. A new pygmy seahorse, *Hippocampus denise* (Teleostei: Syngnathidae), from the Indo-Pacific. Zool. Stud., 42, 286-291.
- Lourie, S.A., S.J. Foster, E.W.T. Cooper and A.C.J. Vincent. 2004. A Guide to the Identification of Seahorses, Project Seahorse and TRAFFIC North America, pp. 114.
- Perante, N.C., M.G. Pajaro, J.J. Meeuwing and A.C.J. Vincent. 2002. Biology of a seahorse species *Hippocampus comes* in the central Philippines. J. Fish Biol., 60, 821-837.
- Pham, T.M., E.S. Kornienko and A.L. Drozdov. 1998. Embryonic and larval development of the seahorse, *Hippocampus kuda*. Russ. Mar. Biol., 24, 325-329.
- Vincent, A.C.J. 1996. The International Trade in Seahorse. TRAFFIC International, Cambridge, UK., pp. 163.
- Woods, C.M.C. 2002. Natural diet of the seahorse *Hippocampus abdominalis*. New Zealand J. Mar. Freshwat. Res., 36, 665-660.

2004년 12월 8일 접수
2005년 10월 4일 수리