

조피볼락, *Sebastes schlegeli* 자치어의 갑상선 분화 및 갑상선호르몬의 변화

강덕영 · 장영진^{1†} · 정의영²

국립수산진흥원 · ¹부경대학교 양식학과 · ²군산대학교 해양생명과학부

Differentiation of Thyroid Gland and Changes of Thyroid Hormone Concentration during Early Development of Black Rockfish, *Sebastes schlegeli*

Duck-Young Kang, Young Jin Chang^{1†} and Ee-Yung Chung²

National Fisheries Research & Development Institute, Keoje 656-840, Korea

¹Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

²School of Marine Life Science, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea

요약 : 조피볼락 갑상선 여포의 원시세포는 모체내 부화자의 구강 아래쪽에 존재하는 1개의 원형 여포 안에 존재하였다. 갑상선 여포는 구강 연골조직 아래쪽 제1, 2, 3 도입새동맥 부근에 흩어져 존재하고, 출산 직후에는 1~3개 정도로 분화되어 있었다. 갑상선 여포의 수는 출산 직후(전장 6.3 mm)에 개체당 1.6 ± 0.8 개였으며, 치어기로 전환하는 30일째에는 17.0 ± 2.1 개, 50일째(전장 13.2 mm)에는 32.5 ± 6.9 개로 그 수가 매우 많아졌다. 갑상선 여포의 직경은 출산 직후에 $18.1 \pm 0.6 \mu\text{m}$ 였던 것이 출산후 30일째 $30.5 \pm 2.2 \mu\text{m}$, 50일째 $41.5 \pm 1.7 \mu\text{m}$ 로 그 크기가 증대되었다. 갑상선 여포세포의 높이는 출산 직후 $4.1 \pm 0.2 \mu\text{m}$, 20일째 $5.7 \pm 0.2 \mu\text{m}$, 50일째 $6.0 \pm 0.2 \mu\text{m}$ 로 성장하였다. 자치어의 전어체 내 갑상선호르몬을 분석한 결과, 난황을 가진 출산 직후에 호르몬을 함유하고 있었으며, 난황이 완전 흡수되는 5일째에는 그 농도가 급격히 감소하다가, 20일~30일에 급격히 상승하여 50일째 최고치를 나타냈다. L-thyroxine (T₄)에 대한 3,5,3'-triiodo-L-thyronine (T₃) 농도는 출산 직후를 제외하고, 전 기간 동안 상대적으로 낮은 값을 나타냈다.

ABSTRACT : Black rockfish, *Sebastes schlegeli* is one of scorpaenid fish giving birth to yolk-sac larvae and distributed around the coast of Korea and Japan, and is one of main species which is cultured in Korea. The differentiation of thyroid gland and the changes of thyroid hormones (THs) concentrations in the whole body during early development of this species were examined and the relationship between thyroid gland and their growth will be presented. Total length (TL) and body weight (BW) of the larva at the parturition were 6.3 ± 0.1 mm and 3.6 ± 0.1 mg, respectively. The larvae transformed to juvenile after 30th day after parturition. According to Hoshiai (1977), they had grown into stage F1 (TL 13.2 ± 0.9 mm, BW 46.5 ± 1.5 mg) at 50th day. The thyroid gland of black rockfish was first observed histologically in hatching larvae in mother fish. The larvae just after parturition have 1~3 of the thyroid follicles differentiated between basibranchial bone and ventral aorta, at the base of the first gill arch. In this time, thyroid follicle number (TFN), thyroid follicle diameter (TFD) and thyroid cell height (TCH) were 1.6 ± 0.8 pieces/inds., $18.1 \pm 0.6 \mu\text{m}$ and $4.1 \pm 0.2 \mu\text{m}$, respectively. TFN and TFD at 50th day were increased to 32.5 ± 6.9 pieces/inds. and $41.5 \pm 1.7 \mu\text{m}$, respectively. These results indicate that they are related to the growth of black rockfish during early development. However, TCH indicates that the activity of thyroid gland appeared at special day, eg. 5, 20 and 50th day, suggesting that TCH may have some role in the physiological activity. L-thyroxine (T₄) concentration decreased sharply to 10 days after parturition, and at 25th day (metamorphosis stage) increased markedly to 3.44 ± 0.93 ng/g fish. After this time, T₄ concentration decreased at 35th day, but then increased again to the highest concentration, 5.63 ± 0.70 ng/g fish. 3,5,3'-triiodo-L-thyronine (T₃) concentration declined sharply from just after parturition (4.96 ± 1.90 ng/g fish) to 5th day (0.30 ± 0.07 ng/g fish). However T₃ concentration increased markedly to 0.95 ± 0.11 ng/g fish at 30th day and then did not significantly change until 45th day, increased also sharply to 1.67 ± 0.23 ng/g fish at 50th day.

Key words : Black rockfish, Early development, Thyroid follicle, Thyroid hormone.

본 연구는 1996년 교육부 학술연구조성비(수산과학: KIOS-96-F-13)에 의해 수행되었음.

[†]교신저자: 부산광역시 남구 대연3동 599-1, 부경대학교 수산과학대학 양식학과. (우) 608-737, (전) 051-620-6135, (팩) 051-628-7430, e-mail: yjchang@pknu.ac.kr

서론

갑상선호르몬(thyroid hormones; THs)은 척추동물의 초기 발달 중 양서류의 변태(White and Nicoll, 1982; Galton, 1988)

뿐만 아니라, 어류의 변태(de Jesus et al., 1993; Kitajima et al., 1967; Inui and Miwa, 1985; Miwa and Inui, 1987a) 및 성장(Donaldson et al., 1979; Brown et al., 1987; Sullivan et al., 1987; Brown and Bern, 1989; Greenblatt et al., 1989; Kang and Chang, 1996)에도 관여하는 것으로 알려지고 있다. 경골어류에 있어서 THs를 분비하는 조직은 일부 어종을 제외하고, 구강하부 연골조직의 아래쪽 제 1, 2, 3 도입새동맥 부근에 흩어져 분포하고 있다(Honma et al., 1977; Kang, 1995; Tanaka et al., 1991). 갑상선은 단층 입방 상피세포가 모여 관이 없는 작은 주머니 모양의 여포를 이루고 있으며, 그 속에 단백질성 콜로이드(colloid)를 담고 있다(Honma and Ikarashi, 1985; Honma and Chiba, 1993; Kang, 1995). 갑상선 여포는 갑상선의 활동상태에 따라 변화를 나타내는데, 조직이 휴지상태로 있을 때 여포는 크고 이들을 이루고 있는 세포는 납작한 모양을 하고 있으며, 많은 양의 콜로이드를 보유하고 있다. 그러나 뇌하수체에서 분비되는 갑상선자극호르몬(TSH)의 자극을 받으면 갑상선 조직은 활성화되어 콜로이드 물질을 상피세포 내로 흡수하여 상피를 두껍게 만든다(Honma et al., 1977; Honma and Ikarashi, 1985; Kang, 1995). 이때 갑상선 상피세포는 효소작용에 의해 콜로이드 물질을 THs로 합성한 뒤 모세혈관을 통해 혈중으로 방출한다. 이러한 THs는 연어의 초기발달(Tagawa and Hirano, 1987; Tagawa et al., 1990b)과 smoltification(Folmar and Dickhoff, 1980)뿐만 아니라, conger eel, *Conger myriaster* (Kubota, 1961), 넙치, *Paralichthys olivaceus* (Sklower, 1930; Miwa and Inui, 1987b; Miwa et al., 1988; Tagawa et al., 1990), 감성돔, *Acanthopagrus schlegeli* (Tanaka et al., 1991; Kang and Chang, 1997) 및 참돔, *Pagrus major* (Kimura et al., 1992) 등 자치어 변태와 관련이 깊어, 어류의 초기 발생에 있어 중요한 역할을 하는 것으로 인정되고 있다.

조피볼락, *Sebastes schlegeli*는 주요 양식대상종으로 난생 어류와 달리, 모체에서 알이 부화된 후 새끼를 출산하는 어류로서 자치어 발생 및 기관의 분화와 관련된 연구는 미비한 상태이고, 특히 성장 및 변태와 관련하여 THs를 생산·분비하는 갑상선 여포조직에 대한 조직학적 연구 및 초기 THs에 변화에 대한 기초적인 연구가 이루어져 있지 않은 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 어류의 초기 성장과 발달에 관련이 높은 THs에 대한 내분비학적 연구를 위한 기초자료를 제공하고, 조피볼락의 자치어 시기에 갑상선의 분화 및 THs의 변화에 대하여 조사하였다.

재료 및 방법

1. 실험어 및 사육관리

실험에 사용된 조피볼락 자어는 출산 직후인 전장 6.3 ± 0.1 mm, 체중 3.6 ± 0.1 mg의 개체들이었다. 출산자어는 아크릴제 수조(50 l)에 수용하여, 출산 직후에는 지수식으로 유지하다가 5일 후부터 유수식으로 사육하였으며, 사료 찌꺼기 및 배설물 등은 1일 1회 사이폰으로 제거하였다. 출산 자어의 사육환경은 수온 $16.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$, 비중 1.0254 ± 0.0059 , pH 8.0 ± 0.1 , DO 7.7 ± 0.2 mg/l으로 유지하고, 먹이는 출산후 1일~5일에 rotifer (12개체/ml), 6일~15일에 rotifer (6개체/ml)와 *Artemia nauplii* (6개체/ml), 16일~30일에 *Artemia nauplii* (6개체/ml)와 넙치용 배합사료(체중의 5%, 1일 5회)를 혼합 공급하였다.

2. 성장 및 발육단계 조사

자치어의 성장과 발육단계는 출산후 50일까지 5일 간격으로 5~10% 중성 포르말린에 고정된 자치어를 통해 파악하였고, 갑상선 여포조직의 분화 및 활성을 파악하기 위해 전어체를 Bouin 용액에 고정하였다. 자치어의 전장(평균±SD)은 만능투영기와 버어니아 캘리퍼스를, 체중(평균±SD)은 전자저울을 이용해 측정하였고, 발육단계는 Hoshiai (1977)의 방법에 따라 구분하였다.

3. 갑상선 여포세포의 조직학적 관찰

갑상선 여포조직의 분화여부, 분포위치, 수 및 크기를 파악하기 위해 전어체 조직을 파라핀 상법으로 처리하여 4~5 μm 두께로 연속 절편하고, hematoxylin과 eosin으로 이중염색한 다음 광학현미경(×200, ×400)으로 관찰하였다. 갑상선 여포의 수(thyroid follicle number: TFN)와 크기(thyroid follicle diameter: TFD), 갑상선 여포의 상피세포 높이(thyroid cell height: TCH)는 화상해석 system인 Matrox Inspector 2.0 프로그램(Matrox Electronic System Ltd.)으로 측정하였다. 출산후 경과일수별 TFN는 10마리의 개체별 여포수를 계수하여 평균값을 대표값(평균±SD)으로 제시하였다. 경과일수에 따른 성장단계별 TFD는 한 개체내 연속 절편 중 각 여포의 장경이 가장 큰 화상을 찾아 장경과 단경의 평균값을 단일 여포의 직경(=[장경+단경]/2)으로 하고(Honma et al., 1977), 이때 세포높이를 단일 여포의 TCH값으로 하였다. 다음 한 개체내의 단일여포 TFD들을 평균하여 개체별 TFD로 하고, 동일한 경과일수의 개체별 TFD를 다시 평균하여 성장단계별 TFD (평균±SD)로 제시하였다. 경과일수별 TCH 역시 이와 같은 방법으로 대표값(평균±SD)을 제시하였다.

4. THs 추출 및 radioimmunoassay (RIA)

출산자어의 THs의 변화는 사육중인 자치어를 출산후 50일 까지 5일 간격으로 채집하였다. 자어는 채집망으로 수거하여 증류수로 헹군 뒤 수분을 제거하고, 전어체를 원심분리용 튜브에 넣은 다음 RIA 분석시까지 냉동고(-80°C)에 보관하였다.

알과 자어의 조직내 THs는 Tagawa and Hirano (1987)의 methanol/chloroform법에 의해 추출한 다음, RIA을 통해 조직 중의 T₄와 T₃ 농도를 측정하였다. 이때 표지호르몬으로 각각 ¹²⁵I-T₄ (Amersham International Ltd.), ¹²⁵I-T₃ (Amersham International Ltd.)를, 항체로는 각각 T₄-항체(Wien Laboratories Inc.)와 T₃-항체(Endocrine Sciences, Tarzana, CA)를 사용하였다. 추출효율(extraction efficiency)은 T₄ 51~67%, T₃ 55~59%였다. RIA에 의한 intraassay coefficient of variation은 3.8(n=4)이었고, interassay coefficient of variation은 2.4(n=8)였다.

5. 통계처리

출산후 경과일수별 TFN, TFD 및 TCH의 변화에 대한 평균간의 유의성 검정은 SPSS-PC 통계패키지를 이용하여 ANOVA, Duncan's multiple range test 및 선형 회귀분석에 의하였다.

결 과

1. 자치어의 성장 및 발육

출산 직후 자어는 전장 6.3 ± 0.1 mm, 체중 3.6 ± 0.1 mg으로 난황을 가지고 있었으며, 이미 개구한 입으로 먹이를 활발히 섭식하고 있었다. 출산후 5일째에는 난황이 완전히 소실되고, 외부 영양원에 의존하였다. 출산후 20일째까지는 자어의 형태로 발육하였으나, 출산후 25일째부터 일부 성장이 빠른 개체가 치어의 형태에 도달하였다. 이후 출산후 30일째로 접어들면서 어체는 전장 10.5 ± 0.3 mm, 체중 14.3 ± 0.5 mg의 크기로서 대부분의 개체가 치어기로 전환되었고, 실험 종료시인 50일째에는 전장 13.2 ± 0.9 mm, 체중 46.5 ± 1.5 mg으로 Hoshiai (1977)의 방법에 의한 발육단계 E~F1 시기에 도달하였다(Table 1).

2. 갑상선 여포의 분화

갑상선 원시세포는 출산전 모체내 부화자어의 구강 아래쪽에 위치하는 1개의 원형 여포 내에 존재하였다. 원시세포의 직경은 평균 $3.9 \mu\text{m}$ 으로 약 4~5개의 세포들이 모여 하나의 포(follicle)를 이루고 있었다.

출산 직후 자어의 갑상선 여포 수는 1~3개로 증가하여 있

Table 1. Changes in total length and body weight during early development of black rockfish *S. schlegelii* after parturition

Days ¹	Total length (mm)	Body weight (mg)	Development stage ²
0	6.3 ± 0.1	3.6 ± 0.1	A : Larval stage
5	6.5 ± 0.1	4.2 ± 0.1	A
10	6.9 ± 0.2	6.4 ± 0.2	A
15	7.5 ± 0.8	8.2 ± 0.3	B : Metamorphosis start
20	8.8 ± 0.5	11.1 ± 0.4	C
25	9.1 ± 0.8	12.8 ± 0.5	C (D)
30	10.5 ± 0.3	14.3 ± 0.5	D : Juvenile stage
35	11.8 ± 0.6	20.5 ± 1.0	D (E)
40	12.1 ± 0.8	28.8 ± 1.4	E
45	12.6 ± 0.5	37.7 ± 1.5	E
50	13.2 ± 0.9	46.5 ± 1.5	F1 (E)

¹ Days after parturition, ²Data from Hoshiai (1977), Stages in parentheses show subsequent ones.

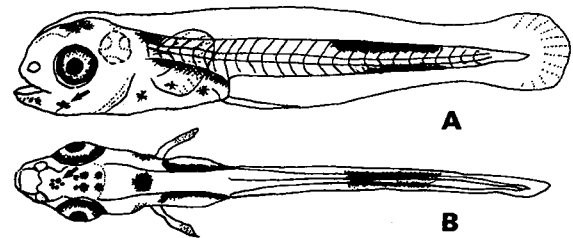


Fig. 1. Anatomical position of thyroid follicle (arrows) in the larval black rockfish, *S. schlegelii*. A: lateral view, B: dorsal view.

었고, 분포 위치는 Fig. 1과 같이 제1새궁에서 제4새궁까지의 구강 연골조직 아래였다. 이후 성장에 따라 갑상선 조직은 구강 연골조직 아래쪽 제1, 2, 3 도입새동맥 부근에 흩어져 분화되었다. 갑상선 여포는 조직학적으로 Fig. 2와 같이 hematoxylin에 질게 염색되는 호르몬 분비세포층에 의해 둘러싸여 있었으며, 여포의 안쪽은 eosin에 붉게 염색되어 요오드를 함유한 thyroglobulin으로 보이는 콜로이드 물질로 채워져 있었다. 출산 직후 여포의 단면은 원형 또는 장타원형을 이루고 있었다.

개체당 TFN는 Fig. 3과 같이 출산 직후에 1.6 ± 0.8 개였던 것이 성장함에 따라 출산후 10일째 6.5 ± 0.8 개, 20일째 10.6 ± 1.2 개로 그 수가 증가하여, 치어기로 이행하는 30일째 17.0 ± 2.1 개, 50일째는 32.5 ± 6.9 개로 증가하였고, 선형 회귀분석 결과, 출산후 경과일수와 TFN은 회귀계수 0.568 ($r^2=0.866$)로 유의하게 정상관 관계에 있음을 알 수 있었다. TFD는 출산 직

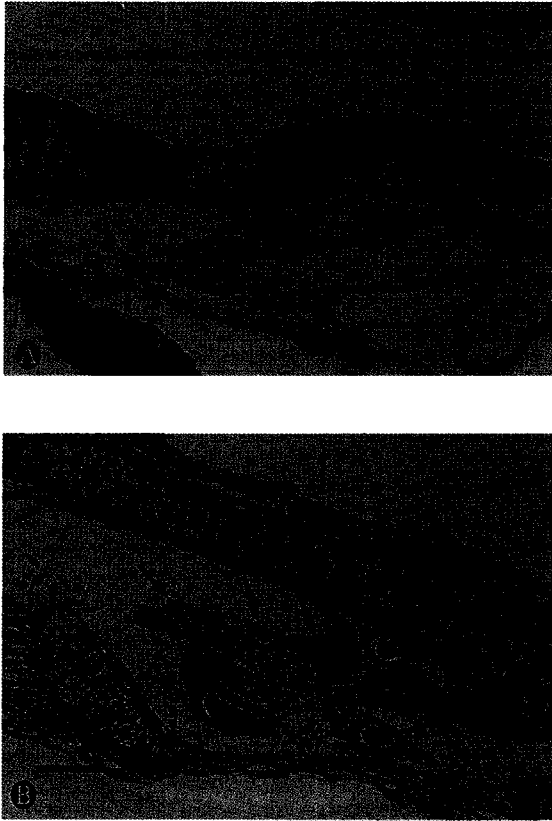


Fig. 2. Photomicrographs of the lower branchial cavity (longitudinal section) of black rockfish, *S. schlegeli* larvae, showing thyroid follicle (arrows) with colloidal materials between basibranchial bone (bb) and ventral aorta (va). A: Larva just after parturition, B: Larva 45-days after parturition. Scale bar=40 μm .

후 $18.1 \pm 0.6 \mu\text{m}$ 였던 것이 이후 지속적으로 증가하여 출산 후 50일째에는 $41.5 \pm 1.7 \mu\text{m}$ 로 성장하였으며, 출산 후 경과일수에 따른 TFD는 회귀계수 0.434 ($r^2=0.787$)로 유의한 정상관 관계를 나타냈다($P < 0.05$) (Fig. 3). 한편 TCH는 Fig. 4와 같이 출산 직후 $4.1 \pm 0.2 \mu\text{m}$ 였던 것이 출산 후 5일째에는 $5.8 \pm 0.2 \mu\text{m}$ 로 유의하게 높아졌지만, 10일째와 15일째의 TCH는 다시 낮아지는 경향을 나타냈다. 이후 치어기로 전환되기 전인 출산 후 20일째의 TCH는 $5.7 \pm 0.2 \mu\text{m}$ 로 다시 유의하게 높아졌으며, 50일째에 이르러 $6.0 \pm 0.2 \mu\text{m}$ 로서 가장 높은 값을 보였다($P < 0.05$).

3. THs의 변화

출산 직후부터 50일까지 조피볼락 자치어의 어체내 THs (T_4 , T_3)의 분석 결과, T_4 는 난황을 보유하고 있는 출산 직후에는 체중 g당 $1.73 \pm 0.67 \text{ ng}$ 이었으나, 난황이 완전 흡수되는 5일째 $0.59 \pm 0.16 \text{ ng}$ 으로 급격히 감소하여 10~15일까지 0.51

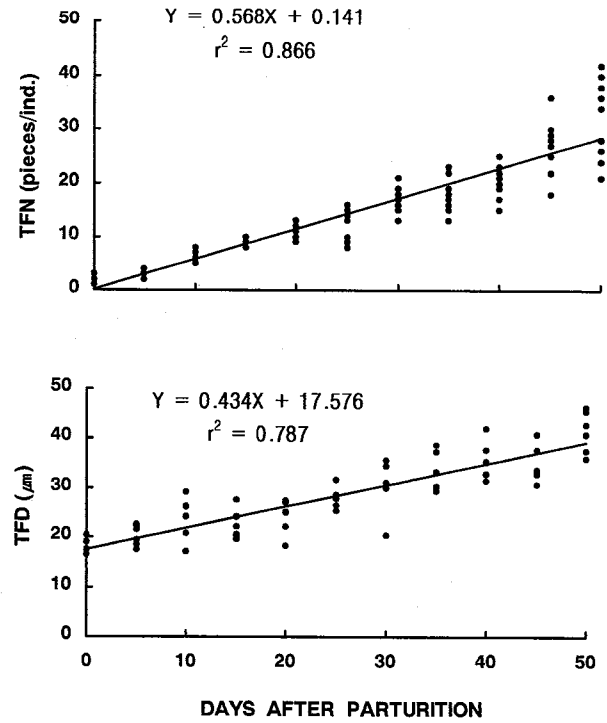


Fig. 3. Changes of the number (TFN; N=110) and diameter (TFD; N=66) of thyroid follicle in black rockfish, *S. schlegeli* after parturition.

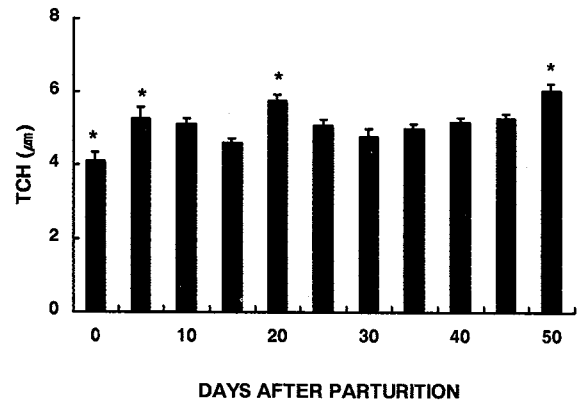


Fig. 4. Changes in height of thyroid follicle cell (TCH) of black rockfish, *S. schlegeli* during early development stage. Each asterisk on the bar indicates significant TCH difference compared to that of previous stage ($P < 0.05$).

~0.73 ng의 농도를 나타내었다. 이후 출산 후 20일째부터 급격히 상승하여 25일째 $3.44 \pm 0.93 \text{ ng}$ 의 농도를 보였으며, 이후 40일째까지 3.21~3.35 ng 범위로 정체하였다. 그러나 출산 후 45일째부터 $4.26 \pm 0.50 \text{ ng}$ 으로 다시 상승하기 시작해 50

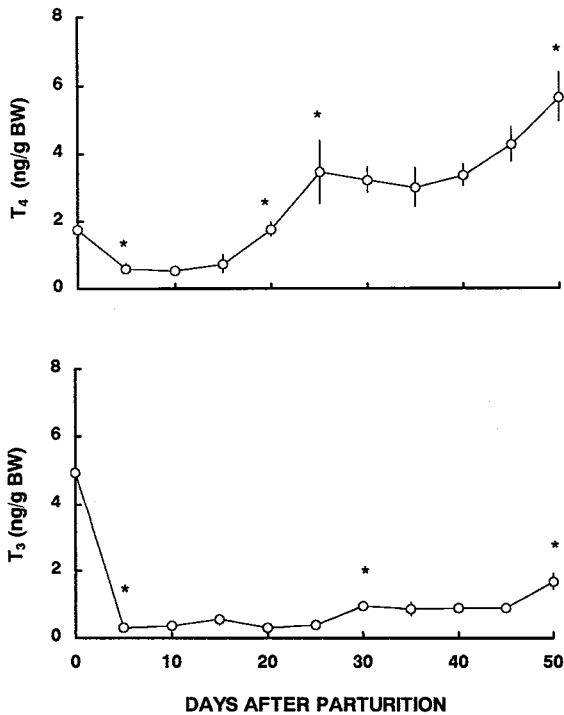


Fig. 5. Changes in T₄ and T₃ concentrations during early development period of black rockfish, *S. schlegeli*. Each point represents the average and the standard errors of duplicate determination of three pooled sampled. Each asterisk on the bar indicates significant TCH difference compared to that of previous stage ($P < 0.05$).

일째에는 5.63 ± 0.70 ng으로 최대치를 나타내었다(Fig. 5). T₃의 경우, 출산 직후 체중 g당 4.96 ± 1.90 ng이던 것이, 난황흡수 완료일인 5일째 0.30 ± 0.04 ng으로 급격히 감소한 뒤 25일까지 $0.31 \sim 0.40$ ng에 머물렀다. 이후 30일째 0.95 ± 0.11 ng으로 급격히 상승한 뒤 45일째까지 큰 변화 없이 $0.86 \sim 0.90$ ng의 농도를 보였다. 실험 종료일인 출산후 50일째에는 T₄와 마찬가지로 1.67 ± 0.45 ng으로 난황 흡수후 최대치를 나타내었으며, 출산 직후를 제외하고 전 어체내 T₃ 농도가 전반적으로 T₄ 보다 낮은 것을 알 수 있었다(Fig. 5).

고 찰

해산어류에 있어 갑상선 조직의 발생과 분화에 대한 연구는 담수산 어류에 비해 상대적으로 적은 편이다. 초기 연구에서는 연어과 어류 중 대서양 연어, *Salmo salar* (Hoar, 1939)와 brown trout, *Salmo trutta* (Barrington and Rawdon, 1971)에서 부화 후 난황의 흡수가 시작되면서 갑상선 여포들이 존재한다는 것을 파악했을 뿐, 갑상선 원시세포의 분화에 대해서

는 파악하지 못했다. 그러나 이후 fathead minnow, *Pimephales promelas* (Melchizedek et al., 1983)와 넙치(Miwa and Inui, 1987)는 난황흡수 직전에, 연어과 어류인 chum salmon, *Oncorhynchus keta* (Tagawa and Hirano, 1990)은 부화 직후에, 감성돔(Tanaka et al., 1991)은 난황흡수가 거의 끝나는 부화 후 3일째에 최초의 갑상선 여포가 분화되는 것으로 확인된 바 있다. 이 연구에서는 모체내 부화 자어로부터 최초의 갑상선 여포를 관찰할 수 있어, 갑상선 시원세포는 부화 전후 또는 난황흡수 개시 전후에 분화하는 것으로 추측된다. 이후 출산 직후에는 갑상선 여포가 1~3개로 증가되었고, 개체의 성장에 따라 TFN이 늘어나는 것으로 나타났다. 또한 갑상선 여포 조직은 성장에 따라 다른 경골어류(강, 1995; Honma et al., 1977; Tanaka et al., 1991)와 마찬가지로 제 1, 2, 3 도입새 동맥 부근에 분산되어 있었으며, 장타원형의 형태로 존재하고 있었다.

현재 알과 자어의 발생에 따른 어체중 THs 농도 변화를 통해 갑상선 조직과 어류의 초기 발생의 관련성이 일부 어종에서 밝혀져 있다: 연어과 어류(Kobuke et al., 1987; Brown, 1988; Greenblatt et al., 1989; Leatherland et al., 1989; Tagawa and Hirano, 1990); striped bass, *Morone saxatilis* (Brown et al., 1987); 넙치(Miwa et al., 1988; Tagawa et al., 1990); 틸라피아, *Oreochromis mossambicus* (Reddy et al., 1992); 농어, *Lateolabrax japonicus* (Pérez et al., 1999). 이와 같은 관련성은 갑상선 여포세포의 분화 및 발달(Tagawa and Hirano, 1990; Tanaka et al., 1991)과 활성도 변화(Honma and Ikarashi, 1985; Honma et al., 1977) 등에 의한 것으로 보이며, 이 연구 역시 조피볼락의 성장에 따른 TFN, TFD의 변화 및 발달시기에 따른 TCH와 THs 변화를 통해 그 관련성을 찾아 볼 수 있다. 비록 TFD는 변화가 없지만, 출산 직전에 비해 출산후 5일째 TFN와 TCH의 증가는 여포의 증식과 여포세포의 활성화가 이루어지고 있는 것으로 볼 수 있다.

출산 직후 자어는 어체내 T₄를 1.73 ± 0.67 ng/체중 g, T₃를 4.96 ± 1.90 ng/체중 g를 보유하고 있었다. 이러한 출산 직후 자어가 T₄에 비해 높은 T₃ 함량을 나타내는 것은 해산어류에서 일반적이 현상이다(Tagawa et al., 1990a). 출산후 초기 자어는 난황흡수와 함께 어미에게서 받은 THs를 이용하며, 낮은 THs 생산능력 때문에 THs 함량에 있어 지속적인 감소 또는 정체상을 나타내는 것으로 보인다. 이와 같은 사실은 넙치(Tagawa et al., 1990b), 참돔(Kimura et al., 1992), chum salmon (Tagawa and Hirano, 1990) 및 은연어, *Oncorhynchus kisutch* (Leatherland and Barrett, 1993) 등에서 이미 확인된 바 있어, 조피볼락 역시 출산 직후의 분화되어 있는 갑상선 여

포세포가 아직까지 분비활성을 나타내지 못하고, 출산후 5일째부터 어체내 THs의 급격한 감소를 나타내어, 난황에 존재하는 모체유래 THs가 난황흡수와 함께 거의 소실된 것으로 보인다. 그러므로 이 시기부터는 생체 내에 요구되는 THs를 자어가 직접 생산·분비해야 하며, 그로 인해 여포세포의 분화 및 세포의 활성도가 급격히 증대될 것으로 보인다. 이후 조피볼락 자어는 성장을 계속하여 출산후 30일째 치어기로 전환하고, TFN와 TFD 역시 출산 직후에 비해 크게 증대하는 것으로 나타나 이들은 개체의 성장 및 발달에 따라 분화·증대되는 것으로 볼 수 있다. THs 역시 30일째부터 이전 농도보다 급격히 높아지기 시작해 갑상선 활성도가 상승된 것으로 보인다. 또한 TCH는 전체 실험기간 중 출산후 5일, 20일 및 50일째에 높게 나타났으며, T_4 농도는 20일~25일과 50일째, T_3 는 30일과 50일째 급격한 증가를 보여, 특정 시기에 갑상선 활성이 증대되는 것으로 추정해 볼 수 있다. 그러므로 TCH가 개체의 성장에 따라 증가하는 것을 배제할 수는 없지만, 개체의 성장보다는 발달 시기에 따른 THs 분비활성(변태시기)에 관련성이 더 높은 것으로 생각된다.

이상의 결과 조피볼락 자치어의 갑상선 조직 및 THs는 다른 어종과 마찬가지로 초기 발생과 성장에 관련되는 것으로 보여, 이후 양식 현장에서 종묘생산시 THs의 이용 가능성에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다.

인용문헌

- Barrington EJW, Rawdon BB (1971) Observations on thyroxine treatment in relation to the thyroid gland and skeletal development in alevins of the brown trout (*Salmo trutta L.*). In Hormones in Development (Eds by M. Hamburg and E.J.W. Barrington), Appleton-Century-Crofts, New York, pp. 473-493.
- Brown CL, Bern HA (1989) Hormones in early development, with special reference to teleost fishes. In Hormones in Development, Maturation and Senescence of Neuroendocrine Systems (Eds by C.S. Scanes and M.P. Schreibman), Academic Press, New York, pp. 289-306.
- de Jesus EGT, Hirano T, Inui Y (1993) Flounder metamorphosis : its regulation by various hormones. Fish Physiol Biochem 11: 323-328.
- Folmar LC, Dickhoff WW (1980) The parr-smolt transformation (smoltification) and seawater adaptation in salmonids: A review of selected literature. Aquaculture 21: 1-37.
- Galton VA (1988) The role of thyroid hormone in amphibian development. Amer Zool 28: 309-318.
- Greenblatt M, Brown CL, Lee M, Dauder S, Bern HA (1989) Changes in thyroid hormone levels in eggs and larvae and in iodide uptake by eggs of coho and chinook salmon, *Oncorhynchus kisutch* and *Oncorhynchus tshawytscha*. Fish Physiol Biochem 6: 261-278.
- Hoar WS (1939) The thyroid gland of the Atlantic salmon. J Morphol 65: 257-295.
- Honma Y, Shioda S, Yoshie S (1977) Changes in the thyroid gland associated with the diadromous migration of the threespine stickleback, *Gasterosteus aculeatus*. Japanese J Ichthyol 24: 17-25.
- Honma Y, Chiba A (1993) Electron Microscope Observations on the thyroid gland of the banded dogfish, *Triakis scyllia* (Chondrichthyes). Rep Sado Mar Biol Stat Niigata Univ 23: 13-23.
- Honma Y, Ikarashi R (1985) Studies on the endocrine glands of a salmonoid fish, the ayu, *Plecoglossus altivelis* Temminck et Schlegel- \bar{X} . Histology of the endocrine glands of the ayu retained in sea water. Rep Sado Mar Biol Stat Niigata Univ 15: 15-26.
- Hoshiai G (1977) Larvae and juveniles of the scorpaenid fish, *Sebastes schlegeli*. Jap J Ichthyol 24: 35-42. (in Japanese).
- Kang DY (1995) Effects of dietary concentration of 3,5,3'-triiodo-L-thyronine (T_3) in growth and physiological conditions of black seabream larvae, *Acanthopagrus schlegeli*. MS Thesis, Nat. Fish. Uni. Pusan, Korea, pp. 27. (in Korean).
- Kang DY, Chang YJ (1996) Effects of dietary 3,5,3'-triiodo-L-thyronine (T_3) on growth and survival rate in juvenile black seabream, *Acanthopagrus schlegeli*. J Aquaculture 9: 215-222. (in Korean).
- Kang DY, Chang YJ (1997) Effects of exogenous thyroid hormone (T_3) on skeletal development and physiological conditions of juvenile black seabream (*Acanthopagrus schlegeli*). J Korean Fish Soc 30: 305-312. (in Korean).
- Kimura R, Tagawa M, Tanaka M, Hirano T (1992) Developmental changes in tissue thyroid hormone levels of red sea bream, *Pagrus major*. Nippon Suisan Gakkaishi 58: 975p.
- Kubota S (1961) Studies on the ecology, growth and metamorphosis in conger eel, *Conger myriaster* (Brevoort). J Fac Fish Perfectural Univ Mie 5: 190-320. (in Japanese).

- Leatherland JF, Lin L, Down NE, Donaldson EM (1989) Thyroid hormone content of eggs and early developmental stages of goitred coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) from the Great Lakes of North America, and a comparison with a stock from British Columbia. *Can J Fish Aquat Sci* 46: 2146-2152.
- Leatherland JF, Barrett SB (1993) Investigations into the development of the pituitary gland-thyroid tissue axis and distribution of tissue thyroid hormone content in embryonic coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) from Lake Ontario. *Fish Physiol Biochem* 12: 149-159.
- Melchizedek A, Wabuke-Bunoti N, Firling CE (1983) The pre-hatching development of the thyroid gland of the fathead minnow, *Pimephales promelas* (Rafinesque). *Gen Comp Endocrinol* 49: 320-331.
- Miwa S, Inui Y (1987) Effects of various doses of thyroxine and triiodothyronine on the metamorphosis of flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Gen Comp Endocrinol* 67: 356-363.
- Miwa S, Tagawa M, Inui Y, Hirano T (1988) Thyroxine surge in metamorphosing flounder larvae. *Gen Comp Endocrinol* 70: 158-163.
- Pérez R, Tagawa M, Seikai T, Hirai N, Takahashi Y, Tanaka M (1999) Developmental changes in tissue thyroid hormones and cortisol in Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus* larvae and juveniles. *Fish Sci* 65: 91-97.
- Reddy PK, Brown CL, Leatherland JF, Lam TJ (1992) Role of thyroid hormones in tilapia larvae (*Oreochromis mossambicus*): II. Changes in the hormones and 5'-monodeiodinase activity during development. *Fish Physiol Biochem* 9: 487-496.
- Tagawa M, Hirano T (1987) Presence of thyroxine in eggs and changes in its content during early development of chum salmon, *Oncorhynchus keta*. *Gen Comp Endocrinol* 68: 129-135.
- Tagawa M, Hirano T (1990) Changes in tissue and blood concentration of thyroid hormones in developing chum salmon. *Gen Comp Endocrinol* 76: 437-443.
- Tagawa M, Tanaka M, Matsumoto S, Hirano T (1990) Thyroid hormones in eggs of various freshwater, marine and diadromous teleosts and their changes during egg development. *Fish Physiol Biochem* 8: 515-520.
- Tanaka M, Kimura R, Tagawa M, Hirano T (1991) A thyroxine surge during development of black sea bream larvae and its ecological implication in inshore migration. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57: 1827-1832.
- White BA, Nicoll CS (1982) Hormonal control of amphibian metamorphosis. In *Metamorphosis* (Eds. by L. I. Gilbert and E. Frieden), Plenum Press, New York, pp. 363-396.