

## 난황형성기 모체내 3,5,3'-triiodo-L-thyronine(T<sub>3</sub>) 주사에 의한 조피볼락 자치어의 성장과 생존율 향상

강덕영 · 장영진

부경대학교 수산과학대학 양식학과

### Improvement of Growth and Survival Rate in Larval and Juvenile Rockfish (*Sebastes schlegeli*) from Mother Fish in Vitellogenesis Injected with 3,5,3'-triiodo-L-thyronine(T<sub>3</sub>)

Duk Young Kang and Young Jin Chang

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

The growth and survival rate of larvae and juveniles from female rockfish (*Sebastes schlegeli*) broodstock in vitellogenesis by injection of 3,5,3'-triiodo-L-thyronine (T<sub>3</sub>) with a dose of 20 mg/kg fish wt. were examined for 30 days and compared with sham-control fish injected dime-thyl sulfoxide and control fish. Larvae were fed with rotifers for first 5 days after parturition, rotifers and *Artemia* nauplii for next 10 days. And then, they were fed with *Artemia* nauplii and commercial diet.

Growth of larvae and juveniles from maternal T<sub>3</sub> injection was significantly faster than that of two controls, nevertheless, the condition factor was lower than that of controls. The whole body proximate analyses indicated that there were significant effects of T<sub>3</sub> injection on protein and lipid, but no significant on moisture and ash contents. Survival rate of the fish from maternal T<sub>3</sub> injection was significantly higher than that of fish from the two controls.

These results indicate that thyroid hormone supplements appear to confer a distinct advantage to larval and juvenile rockfish in early, fragile developmental stage.

Key words : Rockfish, Thyroid hormone, Maternal injection, Growth, Survival rate

### 서 론

갑상선 호르몬(thyroid hormones, THs)의 어류에 미치는 영향 및 생리작용은 1910년대부터 연구되기 시작하였으며, 1950년대초 Dales and Hoar (1954)에 의해 THs와 항갑상선제인 thiourea가 연어과 어류의 초기발달에 미치는 영향이 발표되면서 양어가의 관심을 끌게 되었다. 이후 THs가 어체의 식욕(Fagerlund et al., 1979), 사료에 대한 단백질 전환효율(Degani and Gallagher, 1986) 및 소화 흡수(Yamazaki,

1976)를 증대시킴으로써, 어류의 성장을 촉진시킨다는 이론이 전개되면서 어류양식에 THs의 적용 가능성이 검토되기에 이르렀다. 그러나 이 호르몬의 보관, 처리방법 및 가격 등의 문제로 실용화에 접근하지 못하고 있어, 이를 해결하기 위한 연구가 꾸준히 이어지고 있다.

최근 어미의 혈중 THs가 번식주기와 대응하여 변화하면서(강 등, 1998) 배란전에 난소로 전달되어(Ayson and Lam, 1993; 장·강, 1998), 알과 자어로 상당량이 옮겨 간다는 사실(Sullivan et al., 1987; Tagawa and Hirano, 1987;

Greenblatt et al., 1989)이 밝혀지면서, THs의 모체주사에 의한 부화자어의 성장과 생존율을 향상시키려는 연구가 시도된 바 있다(Brown et al., 1988 ; Ayson and Lam, 1993 ; Tachihara et al., 1996). 그러나 모든 경골어류에 있어 THs의 모체주사가 자어로 이행되어 초기발생, 성장 및 생존을 향상에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 자료는 여전히 부족한 실정이며, 더욱이 국내에서 이러한 연구는 찾아볼 수 없다. 특히 배발생이 어미의 체내에서 진행되어 자어가 출산되는 볼락류에 대하여는 아직까지 국내외적으로 보고된 바 없으므로, 새끼를 낳는 어류에서는 매우 흥미있는 연구가 될 것이다.

따라서, 본 연구에서는 우리나라의 주된 양식 대상종인 조피볼락(*Sebastes schlegeli*)의 암컷 어미에게 THs의 일종인 3,5,3'-triiodo-L-thyronine ( $T_3$ )를 주사하여, 출산자어의 성장과 생존을 향상에 어떠한 효과가 있는지 검정하고, 종묘생산 시 적용 가능성을 파악하는 데 목적을 두었다.

## 재료 및 방법

### 1. 어미

본 연구에 사용된 조피볼락 어미는 양식산 4년 생(전장  $45.4 \pm 0.7$  cm, 체고  $15.3 \pm 0.3$  cm, 체중  $2,086 \pm 51$  g)으로서 교미를 마친 난황형성기의 암컷 30마리였다. 이들 어미를 출산시까지 친어 조에서 관리하면서 실험에 사용하였다.

### 2. $T_3$ 모체주사

모체주사를 통해 자어에 전달된 외인성  $T_3$ 의 효과를 파악하기 위하여,  $T_3$ 를 주사한 어미( $T_3$ 구)와  $T_3$ 를 주사하지 않은 2개의 대조구 어미(sham구 및 control구)로 나누어 비교하였다.  $T_3$ 를 dimethyl sulfoxide (DMSO)에 200 mg/ml로 용해한 다음,  $T_3$ 구에서는 조피볼락 어미에게  $20 \pm 3$  mg  $T_3$ /kg 체중으로 등근육에 주사하였다. Sham구에서는 DMSO만을 0.1 ml/kg 체중으로 주사하였고(Brown et al., 1988 ; 1989), control

구에는  $T_3$ 와 DMSO를 주사하지 않은 상태로 출산시까지 사육조에 수용하였다.

### 3. 자치어의 성장과 생존율

$T_3$  모체주사에 의해 출산된 자어의 성장과 생존율 변화를 알아보기 위하여,  $T_3$ 구, sham구 및 control구의 어미로부터 출산된 자어를 각각의 수조에 500마리씩 3회 반복으로 수용하여 30일 동안 사육하였다. 실험수조로는 50 l 아크릴 수조를 이용하였고, 사육수는 가온하여 수온  $16.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$ , 비중  $1.0254 \pm 0.0059$ , pH  $8.0 \pm 0.1$ , DO  $7.7 \pm 0.2$  mg/l의 환경을 유지해 주었다. 출산자어의 먹이로 출산후 1일~5일은 rotifer (12 inds./ml), 출산후 6일~15일은 rotifer (6 inds./ml)와 *Artemia nauplii* (6 inds./ml), 출산후 16일~30일은 *Artemia nauplii* (6 inds./ml)와 넙치용 배합사료(체중의 5%, 1일 5회)를 혼합 공급하였다.

자어와 치어의 성장도는 5일 간격으로 전장과 체중의 측정에 의해 조사하였으며, 생존율은 실험 기간중 매일 폐사개체를 계수하여 구하였다. 어체의 비만도(체중/(전장)<sup>3</sup>×100)는 실험종료시의 성장값으로부터 구하였다.

### 4. 치어의 체성분 조성

사육실험 종료시에  $T_3$ 가 치어의 체성분에 미치는 영향을 파악하기 위하여,  $T_3$ 구와 대조구들에서 출산후 30일 동안 사육한 조피볼락 치어를 채취하였다. 이후 전어체를 homogenizer로 갈아 수분은  $105^\circ\text{C}$ 의 dry oven에서 4시간 동안 건조 후(상압가열건조법) 측정하였고, 단백질은 Automatic analyzer (Vapodest 5/6, Gerhardt, W-Germany)를 사용하여 분석(AOAC, 1995)하였다. 또한 지방은 Automatic analyzer (Soxtec, Tecator, Sweden)을 사용하여 ether로 추출하였으며, 회분은  $550^\circ\text{C}$ 의 회화로에서 4시간 동안 태운 후 정량하였다.

### 5. 통계처리

각 실험결과에 대하여는 SPSS-통계패키지를

이용해 ANOVA 및 Duncan's multiple range test를 실시하여 실험군간에 유의차 유무를 검정하였다.

## 결 과

### 1. 자치어의 성장과 생존율

T<sub>3</sub>구 및 대조구들에서 출산된 자어의 전장 성장을 5일 간격으로 파악해 본 결과(Fig. 1), 출산 직후 자어의 전장은 T<sub>3</sub>구 6.4±0.1 mm, sham구 6.2±0.1 mm, control구 6.3±0.1 mm로 T<sub>3</sub>구 자어의 크기가 대조구들에 비해 다소 큰 경향을 보였다. 출산후 5일째 자어의 크기는 T<sub>3</sub>구 6.6±0.1 mm, sham구 6.4±0.1 mm, control구 6.5±0.1 mm로 2개의 대조구에서는 출산직후 보다 성장이 진행된 것으로 보이나, T<sub>3</sub>구에서는 출산직후와 큰 차이가 없었으며, 실험기간의 유의차는 파악할 수 없었다. 그러나 출산후 15일부터는 T<sub>3</sub>구의 자어가 대조구 보다 빠른 성장을 나타내어, 실험종료시인 30일째에는 T<sub>3</sub>구 12.4±1.1 mm, sham구 9.0±0.6 mm, control구 10.5±0.3 mm로 T<sub>3</sub>구와 대조구 사이에 현격한 길이의 성장차가 있었다(P<0.01).

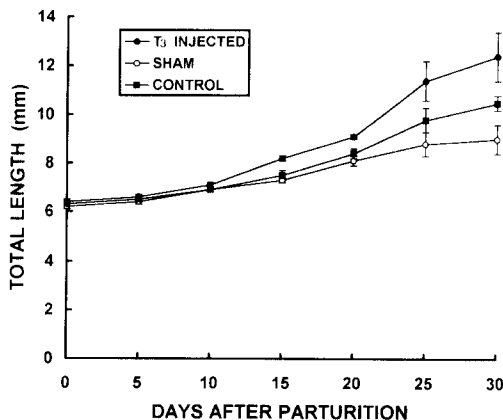


Fig. 1. Growth of total length in larvae and juveniles from mother fish injected with T<sub>3</sub> and mother fish of sham and control.

체중성장을 비교하여 보면, Fig. 2와 같이 출산 직후 자어의 체중은 T<sub>3</sub>구 3.4±0.1 mg, sham구 3.4±0.1 mg, control구 3.5±0.1 mg으로 세 실험구에서 차이를 찾아볼 수 없었다. 그러나 출산후 5일째에는 T<sub>3</sub>구 4.3±0.1 mg, sham구 3.9±0.1 mg, control구 4.2±0.1 mg으로 T<sub>3</sub>구가 sham구 보다는 다소 성장이 앞섰으나 control구와 차이가 없었다. 이후 T<sub>3</sub>구가 대조구들 보다 빠른 성장을 나타내어, 30일째는 T<sub>3</sub>구 22.8±1.7 mg, sham구 13.9±0.8 mg, control구 16.8±1.2 mg으로 T<sub>3</sub>구가 대조구들 보다는 빠른 체중 성장을 보였다 (P<0.01). 실험종료시 치어의 비만도는 Fig. 3과 같이 T<sub>3</sub>구 1.2±0.3, sham구 1.9±0.2, control구 1.5±0.4로 T<sub>3</sub>구는 control구와 유의차가 없었지만, sham구 보다 낮은 값을 나타냈다(P<0.01).

실험기간중 T<sub>3</sub>구 및 대조구들의 어미로부터 출산된 자어의 생존율은 Fig. 4와 같다. 출산후 5일째까지는 T<sub>3</sub>구(93.5±0.5%), sham구(90.9±1.6%) 및 control구(92.1±0.7%)의 생존율은 서로 큰 차이를 보이지 않았지만, 출산후 10일째부터는 T<sub>3</sub>구에서 82.3±0.8%로 sham구의 69.9±1.3% 및 control구 76.3±2.6% 보다 높은 생존율을 나타냈다. 이후에도 T<sub>3</sub>구는 대조구들에 비해

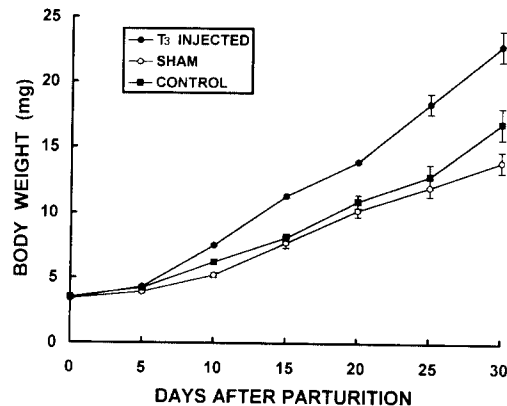


Fig. 2. Growth of body weight in larvae and juveniles from mother fish injected with T<sub>3</sub> and mother fish of sham and control.

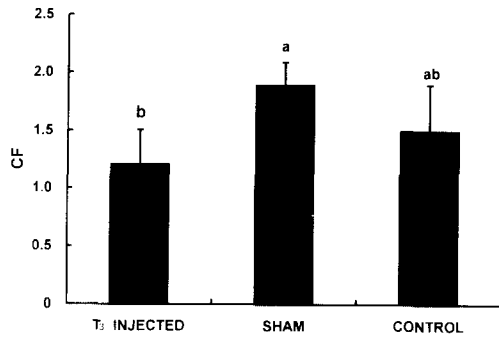


Fig. 3. Condition factor (CF) of juvenile rockfish (30-day old) from mother fish injected with T<sub>3</sub> and mother fish of sham and control. Different superscripts on the bars are significantly different (P<0.01).

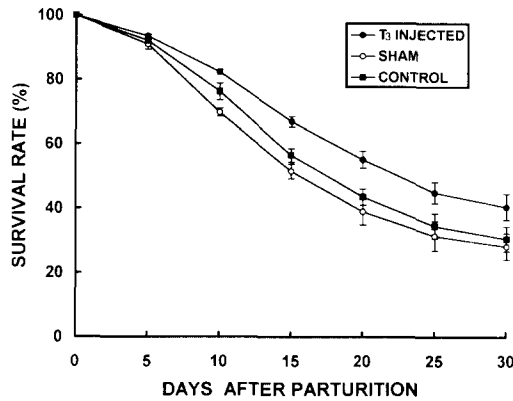


Fig. 4. Survival rate of larvae and juveniles from mother fish injected with T<sub>3</sub>, and mother fish of sham and control.

지속적으로 높은 생존율을 유지하였으며, 실험종료 시인 출산후 30일째에는 T<sub>3</sub>구 40.5±4.0%, sham 구 28.2±4.2% 및 control구 30.6±3.9%로 T<sub>3</sub>

구가 여전히 대조구들 보다 높은 생존율을 보였다 (P<0.01).

## 2. 치어의 체성분 조성

실험종료시 T<sub>3</sub>구 및 대조구들의 치어에 대한 체성분 조성의 분석결과는 Table 1과 같다. 수분 함량은 T<sub>3</sub>구를 대조구와 비교해 보았을 때 차이가 없었지만, 건조물 함량비로 단백질 함량을 파악해 보았을 때 T<sub>3</sub>구(70.1±0.5%)가 sham구(68.4±0.3%) 보다는 높았지만, control구(69.2±0.4%)와는 차이가 없는 것으로 나타났다. 지질 함량은 T<sub>3</sub>구가 7.5±0.2%로서 sham구 보다 많았으나 control구와는 큰 차이 없었고, 회분 함량은 T<sub>3</sub>구가 대조구들 보다 다소 많은 것으로 나타났지만 유의한 차는 인정되지 않았다(P<0.05).

## 고 찰

THs의 인위적 투여는 어류 자치어의 성장이나 생존율을 향상시킬 수 있고(Sullivan et al., 1987; Greenblatt et al., 1989; 강 장, 1996), 난황흡수와 지느러미 분화를 촉진할 수 있다(Nacario, 1983; Lam and Sharma, 1985; Reddy and Lam, 1992). 그러나 부적절한 외인성 THs 처리는 자어의 성장과 생존을 저하, 골격의 이상성장에 의한 기형률 증가를 초래할 수 있기 때문에(Nacario, 1983; Lam and Sharma, 1985; 강 장, 1997), 이 호르몬을 어류에게 효과적으로 이용하기 위해서는 종 특이성, 사육환경, 어체의 생리상태, 투여량 및 투여 방법 등과 같은 여러가지 요인들에 대한 검토가 필요하다. 또한

Table 1. Whole body proximate composition (% dry matter basis) of juvenile *S. schlegelii* from T<sub>3</sub> injected group and controls at 30th day after parturition<sup>1</sup>

	Moisture		Protein		Lipid		Ash	
	mean	s.e.m.	mean	s.e.m.	mean	s.e.m.	mean	s.e.m.
T <sub>3</sub> injected	82.9 <sup>a</sup>	0.1	70.1 <sup>a</sup>	0.5	7.5 <sup>b</sup>	0.2	18.5 <sup>a</sup>	0.4
Sham	83.3 <sup>a</sup>	0.3	68.4 <sup>b</sup>	0.3	8.5 <sup>a</sup>	0.4	18.0 <sup>a</sup>	0.2
Control	83.1 <sup>a</sup>	0.2	69.2 <sup>ab</sup>	0.4	7.8 <sup>ab</sup>	0.3	18.1 <sup>a</sup>	0.4

<sup>1</sup>Analyses were carried out on three samples from the replicate groups. Values with different superscripts within the same column are significantly different (P<0.05).

이를 종묘생산에 적용하기 위해서는 호르몬의 처리나 취급이 간편해야 하기 때문에 이에 대한 조건들도 제시해 주어야 한다.

경골어류 암컷 어미의 순환계내에 존재하는 THs는 난황형성기에 난모세포로 유입된 다음(Kobuke et al., 1987; Tagawa and Hirano, 1987; Brown et al., 1988, 1989), 부화후 자어로 옮겨져 생리활성, 성장 및 생존율에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Brown et al., 1988). 이러한 연구 결과를 바탕으로 몇몇 연구자들은 모체주사에 의해 THs를 알파 자어로 전이 되도록 하여 부화자어의 성장 및 생존율을 높이고자 하였다(Ayson and Lam, 1993; El-Zibdeh et al., 1996; Tachihara et al., 1996). 특히 striped bass (*Morone saxatilis*) (Brown et al., 1988), rabbitfish (*Siganus guttatus*) (Ayson and Lam, 1993), goldstriped amberjack (*Seriola lalandi*) (Tachihara et al., 1996) 및 돌돔(*Oplegnathus fasciatus*) (El-Zibdeh et al., 1996) 등의 배란전 암컷 어미에 외인성 THs를 주사하였을 때, 부화자어의 초기발달, 성장 및 생존율이 향상되는 것으로 보고된 바 있다. 이상에서 언급된 어종들은 모두 난생(卵生)이지만, 새끼를 출산하는 어종인 조피볼락을 대상으로 하였던 본 연구의 결과에서도 그 효과는 동일한 것으로 나타났다.

THs가 어류의 성장을 촉진하고 생존율을 높이는 것은 이 호르몬이 어류 중추신경계 형성에 관여하고, 식욕증진(Fagerlund et al., 1979)에 의한 활발한 섭식(Yakovleva and Yefimova, 1979), 먹이에 대한 단백질 전환효율 증대 및 효율적인 영양흡수(Degani and Gallagher, 1986; Higgs et al., 1977) 등에 의한 것으로 추정되고 있다. 이렇게 흡수된 영양은 초기자어의 부레 팽창에 필요한 에너지원으로 공급되어 부레 내벽과 내장의 발달을 촉진시키며(Doroshev et al., 1981), 자어의 부레팽창 증대(Brown et al., 1988)는 먹이포획 능력의 증대(Hunter, 1972)와 소화계 발달(Specker, 1988; Yamazaki, 1976)을 유도하여, 자어의 성장과 생존율을 높여 주는 것으로 풀이된다.

본 연구에서 조피볼락 자어의 크기는 출산 직후  $T_3$ 구에서 대조구들 보다 다소 크게 나타났는데, 이것은  $T_3$ 를 주사한 어미의 체내에서 조피볼락 자어의 난황흡수가 대조구들 보다 빨라 출산전 부화자어의 성장이 촉진되었기 때문인 것으로 보인다. 그리고 출산후 동일한 먹이공급과 사육조건이었음에도 불구하고,  $T_3$ 구와 대조구들 사이에 전장과 체중 성장의 차이가 나타난 것은 전이된 외인성  $T_3$ 에 의한 자어 생리활성 증진에 따른 결과일 가능성이 높다. 또한 THs는 성장호르몬과 함께 육질 성장뿐만 아니라 골격 성장에도 깊이 관여하는 것으로 보고되고 있다(Higgs et al., 1982; Nacario, 1983). 특히, 강·장(1996; 1997)은  $T_3$ 를 경구투여한 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*)의 연구에서 처리농도가 높아질수록 비만도가 낮게 나타남으로써,  $T_3$ 의 과다투여는 어체 골격의 이상성장을 초래할 수 있다고 하였다. 본 연구에서는  $T_3$ 구가 sham구에 비해서만 낮은 비만도를 나타냈었지만, control구와는 큰 차이가 없었다. 물론 이전 연구자들의 실험에서는 자치어에게 THs를 직접 처리하여 얻은 결과인 데 반해, 본 연구는 모체주사에 의한 결과이므로 서로 비교하기가 어렵다. 물론 모체주사한 외인성  $T_3$ 가 출산 자어의 체내 갑상선 조직분화에 관여할 수 있기 때문에, 외인성  $T_3$ 의 직접적인 작용을 배제하기는 어려우므로 이에 대한 깊이있는 연구가 이루어져야 할 것이다.

한편 어류의 종묘생산시 THs의 모체주사에 의한 자어의 생존율 향상은 전술한 바와 같이 striped bass (Brown et al., 1988), rabbitfish (Ayson and Lam, 1993), 돌돔(El-Zibdeh et al., 1996) 및 goldstriped amberjack (Tachihara et al., 1996)에서 보고된 바 있다. 조피볼락을 재료로 한 본 연구의 결과에서도  $T_3$ 구의 자어가 출산후 10일째부터 대조구들에 보다 생존율을 나타내기 시작하여 실험종료시까지 지속적으로 유지되었는데, 이것은 전이된 외인성  $T_3$ 에 의한 자어의 활력증진에 기인한 것으로 생각된다. 또한 대조구들 보다  $T_3$ 구에서 생존율이 높음을 볼 때

중요생산시 긍정적인  $T_3$  모체주사 효과를 얻을 가능성이 높다고 하겠다.

또한 THs는 어류의 성장촉진 및 생존을 향상뿐 아니라, 체내 물질대사에 관여해 체성분 조성에도 영향을 미칠 수 있다(Higgs et al., 1982; Matty and Lone, 1985). 외인성  $T_3$ 에 의한 수분의 체내함량은 대조구와 비교하여 차이를 보이거나 일정한 경향은 없는 것으로 이전의 연구자들에 의한 결과에서 드러났다(Fagerlund et al., 1984; Higgs et al., 1992; Moon et al., 1994). 그러나 본 연구에서는  $T_3$ 구와 대조구들 사이에 수분함량의 차이를 파악할 수 없었다. 단백질은 Fagerlund et al. (1984) 및 강·장(1997)의 결과와 마찬가지로  $T_3$ 구의 치어가 sham구에 비해 높게 나타났으나 control구와는 차이가 없었고, 지질은  $T_3$ 구에서 sham구 보다 낮은 함량을 보였으나, control구와는 역시 차이가 없었다. 또한 회분은 외인성  $T_3$  처리에 의한 어류의 골격성장 촉진과 대사증진(강·장, 1997)에 의해 그 함량이 증가되지만(Fagerlund et al., 1984; Higgs et al., 1992; Moon et al., 1994), 본 연구에서는 실험구간 차이를 찾아 볼 수 없었다.

결론적으로, 본 연구에서 난황형성기의 난소를 가진 조피볼락 어미에게  $T_3$ 를 주사함으로써 출산자어로 외인성  $T_3$ 를 전이시킬 수 있고(장·강, 1998), 이로부터 출산된 자어의 성장 및 생존율이 향상된다는 것을 알 수 있었다. 한편, Shimizu et al. (1991)과 Takemura et al. (1995)에 의해 볼락류의 모체내 부화자어가 출산되기 직전에 어미로부터 영양을 공급받는다는 증거가 제시된 바 있으므로, 본 연구에서 조사되었던 난황형성기 모체주사에 의한 출산자어의 성장과 생존율 뿐만 아니라, 앞으로 출산직전의  $T_3$  모체주사에 의한 자치어의 성장과 생존율을 연구하여 서로 비교해 볼 필요가 있다.

## 요 약

난황형성 단계에 있는 암컷 어미에게 갑상선

호르몬인 3,5,3'-triiodo-L-thyronine ( $T_3$ )를 20 mg  $T_3$ /kg 체중으로 주사하여 출산된 조피볼락 자어를 대조구인 sham구 및 control구 자어와 함께 30일간 사육하면서 성장과 생존율을 비교하였다. 자어에게는 출산후 5일째까지 rotifer를 공급하였고, 6~15일까지 rotifer와 *Artemia nauplii*를, 이후 30일까지 *Artemia nauplii*와 넙치용 배합사료를 혼합공급하였다.

출산후 자어의 성장은 대조구들에 비해  $T_3$ 구에서 유의하게 빨랐으며, 생존율 역시  $T_3$ 구가 대조구들 보다 유의하게 높았다. 실험종료시 치어의 비만도는  $T_3$ 구가 control구에 비해 다소 낮았고, sham구에 비해서는 유의하게 낮았다. 이상의 결과, 조피볼락에 대한  $T_3$ 의 모체주사는 모체에서 유래된 외인성  $T_3$ 가 초기 출산자어의 생리활성을 증진시켜, 자치어의 성장과 생존을 향상에 도움을 줄 수 있는 것으로 평가되었다.

## 사 사

이 논문은 1996년 교육부 학술연구조성비(수산과학: KIOS-96-F-13)에 의해 연구되었으며, 연구비를 지원하여 주신 데 대하여 깊이 감사드립니다. 또한 본 연구를 진행하기 위하여 현장 연구시설 및 재료 구입에 협조하여 주신 (주)성지실업의 직원 여러분께 심심한 사의를 표합니다.

## 참 고 문 헌

- AOAC, 1995. Official Methods of Analysis 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, USA.
- Asyon, F.G. and T.J. Lam, 1993. Thyroxine injection of female rabbitfish (*Siganus guttatus*) broodstock: changes in thyroid hormone levels in plasma, eggs, and yolk-sac larvae, and its effect on larval growth and survival. *Aquaculture*, 109: 83-93.
- Brown, C.L., S.I. Doroshov, J.M. Nunez, C. Hadley, J. Vaneennaam, R.S. Nishioka and H.A. Bern, 1988. Maternal triiodothy-

- ronine injections cause increases in swimbladder inflation and survival rates in larval striped bass, *Morone saxatilis*. J. Exp. Zool., 248 : 168-176.
- Brown, C.L., S.I. Doroshov, M.D. Cochran and H.A. Bern, 1989. Enhanced survival in striped bass fingerlings after maternal triiodothyronine treatment. Fish. Physiol. Biochem., 7 : 295-299.
- Dales, S. and W.S. Hoar, 1954. Effect of thyroxine and thiourea on the early development of the chum salmon (*Oncorhynchus keta*). Can. J. Zool., 32 : 244-251.
- Degani, G. and M.L. Gallagher, 1986. The influence of 3,5,3'-triiodo-L-thyronine on the growth, survival and body composition of slow-growing development elvers (*Anguilla rostrata* L.). Comp. Biochem. Physiol., 84A : 7-11.
- Doroshev, S.I., J.W. Cornacchia, and K. Horgan, 1981. Initial swimbladder inflation in the larvae of physoclistous fishes and its importance for larval culture. Rapp. P. -v. Reun. Cons. Int. Explor. Mar., 178 : 495-500.
- El-Zibdeh, M.K., K. Tachihara, Y. Tsukashima, M. Tagawa and A. Ishimatsu, 1996. Effect of triiodothyronine injection of broodstock fish on seed production in cultured seawater fish. Suisanzoshoku, 44 : 487-496.
- Fagerlund, U.H.M., D.A. Higgs and J.R. McBride, 1979. Influence of feeding a diet containing 17 $\alpha$ -methyltestosterone at two ration levels on growth, appetite and food conversion efficiency of underyearling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). In *Fish Nutrition and Fishfeed Technology* (Eds. by Halver J.E. and K. Tiews), Berlin, Heene-mann Verlagsgesellschaft, 1 : 221-230.
- Fagerlund, U.H.M., I. McCallum, D.A. Higgs, J.R. McBride, M.D. Plotnikoff and B.S. Dosanjh, 1984. Diet composition as a factor in the anabolic efficacy of 3,5,3'-triiodo-L-thyronine administered orally to steelhead trout (*Salmo gairdneri*). Aquaculture, 36 : 49-59.
- Greenblatt, M., C.L. Brown, M. Lee, S. Dauder, and H.A. Bern, 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.
- Higgs, D.A., B.S. Dosanjh, L.M. Uin, B.A. Himick and J.G. Eales, 1992. Effects of dietary lipid and carbohydrate levels and chronic 3,5,3'-triiodo-L-thyronine treatment on growth, appetite, food and protein utilization and body composition of immature rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, at low temperature. Aquaculture, 105 : 175-190.
- Higgs, D.A., U.H.M. Fagerlund, J.G. Eales and J.R. McBride, 1982. Application of thyroid and steroid hormones as anabolic agents in fish culture. Comp. Biochem. Physiol., 73 B : 143-176.
- Higgs, D.A., U.H.M. Fagerlund, J.R. McBride, H.M. Dye and E.M. Donaldson, 1977. Influence of combinations of bovine growth hormone, 17 $\alpha$ -methyltestosterone and L-thyroxine on growth of yearling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Can. J. Zool., 55 : 1048-1056.
- Hunter, J.R., 1972. Swimming and feeding behavior of larval anchovy, *Engraulis mordax*. Fish. Bull. U.S., 70 : 821-838.
- Kobuke, L., J.L. Specker, and H.A. Bern, 1987. Thyroxine content in eggs and larvae of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. J. Exp. Zool., 242 : 89-94.
- Lam, T.J. and R. Sharma, 1985. Effect of salinity and thyroxine on larval survival, growth, and development in the carp, *Cyprinus carpio*. Aquaculture, 44 : 201-212.
- Matty, A.J. and K.P. Lone, 1985. The hormonal control of metabolism and feeding. In *Fish Energetics* (Eds. by Tytler P. and P. Calow), Croom Helm, London, 185-209.
- Moon, H.Y., D.S. MacKenzie and D.M. Gatlin, 1994. Effect of dietary thyroid hormones on the red drum (*Sciaenops ocellatus*). Fish Physiol. Biochem., 12 : 369-380.
- Nacario, J.F., 1983. The effect of thyroxine on the larvae and fry of *Sarotherodon niloticus* L. (*Tilapia nilotica*). Aquaculture, 34 : 73-83.
- Reddy, P.K. and T.J. Lam, 1992. Role of thy-

- roid hormones in tilapia larvae (*Oreochromis mossambicus*): I. Effect of the hormones and an antithyroid drug on yolk absorption, growth and development. *Fish Physiol. Biochem.*, 9 : 473-486.
- Shimizu, M., M. Kusakari, M.M. Yoklavich, G.W. Boehlert and J. Yamada, 1991. Ultrastructure of the epidermis and digestive tract in *Sebastes* embryos, with special reference to the uptake of exogenous nutrients. *Environ. Biol. Fish.*, 30 : 155-163.
- Specker, J.L., 1988. Preadaptive role of thyroid hormones in larval and juvenile salmon: growth, the gut, and evolutionary considerations. *Am. Zool.*, 28 : 337-349.
- Sullivan, C.V., R.N. Iwamoto and W.W. Dickhoff, 1987. Thyroid hormon in blood plasma of developing salmon embryos. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 65 : 337-345.
- Tachihara, K., M.K. El-Zibdeh and A. Ishimatsu, 1996. Effect of triiodothyronine ( $T_3$ ) injection on seed production of goldstriped amberjeck (*Seriola lalandi*). In "Survival strategies in early life stages of marine resources: proceedings of an international workshop/Yokohama. Japan. 1994" (Eds. by Watanabe Y., Y. Yamashita Y. and Y. Ozeki), A.A. Balkema, Rotterdam, 39-48.
- Tagawa, M. and T. Hirano, 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.
- Takemura, A., K. Takano and H. Takahashi, 1995. The uptake of macromolecular materials in the hindgut of viviparous rockfish embryos. *J. Fish Biol.*, 46 : 485-493.
- Yakovleva, I.V. and N.A. Yefimova, 1979. Comparative determination of thyrotropic hormone in the pituitary of *Acipenser guldens-tadi* larvae and fingerlings. *J. Ichthyol.*, 18 : 807-815.
- Yamazaki, F., 1976. Application of hormones in fish culture. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 33 : 948-958.
- 강덕영 · 장영진, 1996. 감성돔, *Acanthopagrus schlegeli* 치어의 성장 및 생존에 미치는 외인성 3,5,3'-triiodo-L-thyronine ( $T_3$ ) 효과. *한국양식학회지*, 9 : 215-222.
- 강덕영 · 장영진, 1997. 감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*) 치어의 골격발달 및 생리적 조건에 미치는 외인성 갑상선 호르몬( $T_3$ )의 영향. *한국수산학회지*, 30 : 305-312.
- 강덕영 · 장영진 · 손영창 · 會田勝美, 1998. 조피볼락의 성숙·출산기에 있어서 갑상선 및 성 스테로이드 호르몬의 혈중 변화. *한국수산학회지*, 31 : 574-580.
- 장영진 · 강덕영, 1998. 3,5,3'-triiodo-L-thyronine ( $T_3$ ) 모체주사에 의한 조피볼락 혈중, 알 및 난황낭 자어의 갑상선 호르몬 농도 변화. *한국수산학회지*, 인쇄중.