

감성돔 (*Acanthopagrus schlegeli*) 치어의 골격발달 및 생리적 조건에 미치는 외인성 갑상선호르몬 (T_3)의 영향

강덕영 · 장영진

부경대학교 수산과학대학 양식학과

Effects of Exogenous Thyroid Hormone (T_3) on Skeletal Development and Physiological Conditions of Juvenile Black Seabream (*Acanthopagrus schlegeli*)

Duk-Young KANG and Young Jin CHANG

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

Juveniles of black seabream, *Acanthopagrus schlegeli* were fed with the diets containing 0, 10, 20, 50 and 100 ppm of 3,5,3'-triiodo-L-thyronine (T_3) respectively to assess the effect of this hormone on skeletal development and the change of physiological conditions for 50 days. T_3 treatment lasted for initial 40 days. Fish were fed the prescribed diet by hand to satiation in 2~4 times per day. After an initial 40 days period, skeletal development and abnormality were examined, and after a 50 days period, food intake, hepatosomatic index (HSI), thyroid cell height (TCH) and body proximate composition were also examined.

Although food intake was not different among 0, 10 and 20 ppm, the food intake of black seabream fed with the diets containing 50 and 100 ppm of T_3 was significantly lower than those of 10 ppm.

After the initial 40 days of T_3 administration, T_3 increased the relative growth of operculum, head, caudal fin and pectoral fin to body length, resulting in severe morphological abnormalities at the highest dose. Black seabream treated with 50 and 100 ppm of T_3 had abnormal shapes such as lordosis and opercular curl.

The HSI parameters were reversely correlated with the dietary concentration of T_3 . After the initial 40 days of this experiment, atrophy of thyroid gland was observed in fish administered with 50 and 100 ppm of T_3 . On the 50th day of this experiment, atrophy of thyroid gland was observed only in the group administered with 100 ppm of T_3 , and no difference was observed on TCH among the rest fours of experimental groups. At the end of the experiment the whole body proximate analyses indicated that there were significant effects of T_3 level on moisture, protein, lipid and ash contents.

Key words : black seabream, *Acanthopagrus schlegeli*, 3,5,3'-triiodo-L-thyronine, oral administration, skeletal development, physiological condition

서 론

감성돔은 경골어류로서 우리나라 남해안에 주로 서식하며, 양식기술 개발로 종묘생산이 가능하게 된 종이다. 그러나 이 종의 자·치어기, 즉 종묘생산시 개체간의 성장차에 의해 나타나는 공식(共食)은 생존율 및 생산성을 감소시키는 요인이 된다. 이와 같은 개체간의 성장차에 의한 공식을 방지하기 위한 연구 노력은 주로 환경 생태 및 영양 결핍에 관하여 시도되고 있으나, 생리적 요인, 특히 내분비 요인에 관한 연구는 미비한 실정이다.

어류 성장과 관련된 내분비학적 연구는 주로 성장호르몬 (growth hormone : GH)을 중심으로 이루어져 왔으며,

그 외 성장 관련 호르몬, 특히 갑상선호르몬 (thyroid hormone : TH)을 이용한 연구는 상대적으로 빈약한 실정이다. 최근 국외에서는 Degani and Gallagher (1986)을 비롯한 여러 연구자들 (Fagerlund et al., 1980, 1984; Higgs et al., 1979, 1983, 1992; Woo et al., 1991)이 어류에 있어 외인성 TH 사용에 의해 성장 잠재력이 낮은 개체의 성장촉진 가능성을 제시하고 있으나, 국내에서는 Kang and Chang (1996)의 연구를 제외하고는 아직까지 내인성 TH의 생리적 역할 및 외인성 TH 투여에 따른 어체의 생리적 변화 등 기초 생물학적 연구가 거의 이루어져 있지 않다.

양서류의 변태를 유도하는 것으로 알려져 있는 TH,

특히 3,5,3'-triiodo-L-thyronine (T_3)과 L-thyroxine (T_4) 처리는 어류 사·치어의 난황흡수 (Nacario, 1983), 변태촉진 (Miwa and Inui, 1987; Miwa et al., 1988; Tesch, 1979; Vilter, 1946), 형태적 발달 (Dales and Hoar, 1954; Hirata et al., 1989; Iakovleva, 1949; Lam and Sharma, 1985), 연어과 어류의 smolt화 (Bern, 1978; Dickhoff et al., 1978; Hoar, 1976) 및 무게와 길이 성장 (Donaldson et al., 1979; Higgs et al., 1979, 1982; McBride et al., 1982; Piggins, 1962)에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 그러나 부적절한 TH 처리는 어류의 성장 지연 (Kang and Chang, 1996), 지느러미의 비정상적 성장 및 척추전만증 (lordosis), 척추굴곡증 (scoliosis) 등 골격의 비정상적인 발육을 야기시킬 수 있다 (Dales and Hoar, 1954; Honma and Murakawa, 1955; Lam and Sharma, 1985; Nacario, 1983).

그러므로 본 연구에서는 경골어류인 감성돔, *Acanthopagrus schlegeli*의 치어에 TH의 일종인 T_3 를 경구투여함에 따른 어체의 골격발달 및 생리적 상태 변화를 파악하여, 생물학적인 기초 자료를 제공하고, 실제 어류 중요생산 어류의 성장촉진 가능성을 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

실험어는 부화후 48일이 경과한 감성돔, *A. schlegeli* 치어 (전장 2.21 ± 0.29 cm, 체장 1.79 ± 0.24 cm, 체중 0.17 ± 0.07 g)를 사용하였고, 실험은 50일간 2반복으로 실시하였다. 사육수조로는 500l 원형 아크릴 수조 (수용량 450l)를 사용하였으며, 사육밀도는 1마리/l로 하였다. 사육수는 여과해수를 이용하였으며, 환수율은 1일 20~30회로 하였다. 사육기간 중 수온은 $27.9 \pm 1.1^\circ\text{C}$ 로 유지해 주었다.

실험에 사용된 사료는 조피분락 증요용 상품사료 (단백질 55.3%, 지질 7.9%, 회분 15.5%, 탄수화물과 조섬유 4.7%, 수분 11.2%)를 사용하였으며, 실험에 사용된 T_3 는 3,5,3'-triiodo-L-thyronine sodium salt (Sigma)로서, 이 호르몬을 사료 1kg을 기준으로 에탄올 95% 수용액에 녹여 5개의 농도구별 (0, 10, 20, 50 및 100 ppm)로 사료에 분무하고, 에탄올을 증발시킨 후 -20°C 로 냉동보관하였다 (Higgs et al., 1979; Woo et al., 1991).

T_3 경구투여 기간은 40일 동안이었으며, 실험구별 사료는 매일 아침 1일 공급량만을 냉장고에서 꺼낸 다음, 1일 2~4회로 나누어 반복 상태에 이르게 투여하였다. 이때 포식량을 기록하여 개체당 일간섭식량 (Higgs et al., 1992)을 다음의 식으로 계산하였다.

일간섭식량 (mg/fish/day)

$$= \text{소비된 사료의 건조중량} / (\text{사육일수} \times \text{수용마리수})$$

T_3 경구투여에 의한 감성돔 치어의 골격성장에 미치는 영향을 파악하기 위해, 실험 40일째 체장을 기준으로 가슴지느러미, 꼬리지느러미, 두부 및 아가미 뚜껑 등의 상대 길이를 측정하였다 (Fig. 1).

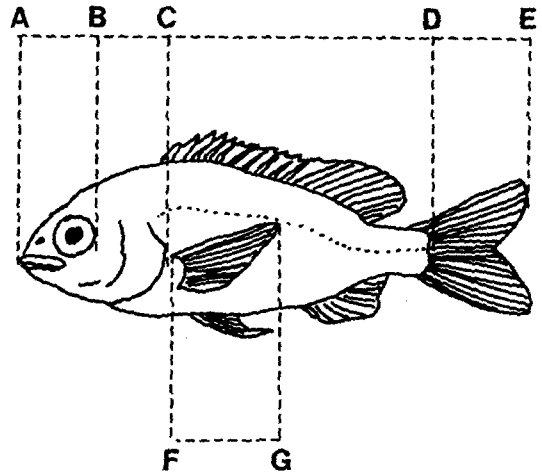


Fig. 1. Dimensions of the juvenile of *A. schlegeli*: A-D, body length; A-C, head length; B-C, operculum length; D-E, caudal fin length; F-G, pectoral fin length.

또한 T_3 에 의한 외부 형태상 기형어의 출현 비율을 파악하기 위해, 실험 종료시 실험구별로 60마리를 무작위 추출하여 기형개체를 계수하였다. T_3 에 의해 유발되는 골격의 형태학적 이상은 두부, 아가미 뚜껑 및 미부척추골을 중심으로 관찰하였다.

한편 어체의 간에 미치는 T_3 의 영향을 파악하기 위해 다음의 식 (Higgs et al., 1992)으로 간중량지수 (hepatosomatic index: HSI)를 계산하였다.

$$\text{HSI} (\%) = (\text{간 습중량} / \text{어체 습중량}) \times 100$$

T_3 첨가 농도별로 갑상선 상피세포의 활성을 파악하기 위해, 갑상선 조직을 hematoxylin과 eosin으로 이중 염색한 뒤, 현미경 아래에서 상피세포의 높이 (thyroid epithelial cell height: TCH)를 측정하였다. 한편 T_3 가 체성분에 미치는 영향을 파악하기 위해, 실험 종료시 실험구별로 전 어체를 갈아 수분은 상압가열건조법, 단백질은 Kjeldahl 질소정량법, 지방은 Soxhlet 추출법, 회분은 건식회화법으로 그 함량을 측정하였다. 각 실험 결과는 일원분

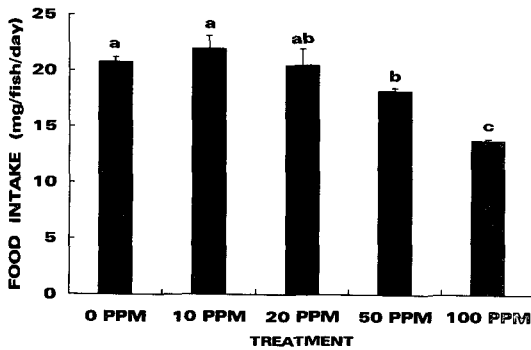


Fig. 2. Food intake (mg diet/fish/day) of the juvenile of *A. schlegeli* fed T_3 -supplemented diets for 40 days. The values are means from duplicate groups where the bar have different superscript significantly different ($P < 0.01$).

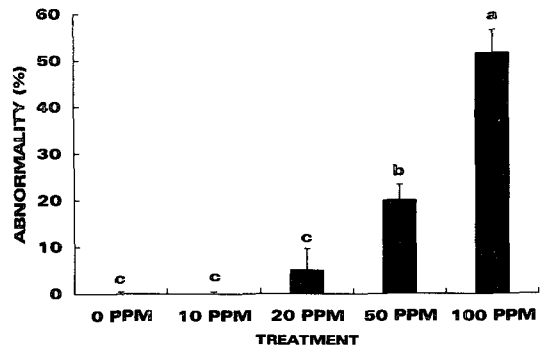


Fig. 3. Morphological abnormality of the juvenile of *A. schlegeli* fed T_3 -supplemented diets for 40 days. The values are means from duplicate groups where the bar have different superscript significantly different ($P < 0.01$).

산분석 (one-way ANOVA)과 Duncan's multiple range test (Zar, 1974)로 검정하였다.

결 과

1. 일간섭식량

실험 종료시 개체당 일간섭식량은 Fig. 2와 같이 10 ppm구가 22.0 ± 1.1 mg으로 대조구 (20.8 ± 0.6 mg) 및 20 ppm구 (20.5 ± 1.5 mg)와 유의차를 나타내지 않아, T_3 투여에 따른 식욕의 촉진효과를 관찰할 수 없었다. 그러나 50 ppm 처리구는 18.20 ± 0.28 mg으로 20 ppm구와는 유의차가 없었지만, 대조구 및 10 ppm구 보다는 적은 양의 사료를 섭식하는 것으로 나타났고, 100 ppm 처리구는 모든 실험구보다 적은 섭식량을 나타내어, T_3 처리 용량이 많아짐에 따라 오히려 일간섭식량이 낮아지는 것을 알 수 있었다 ($P < 0.01$).

2. 골격발달에 미치는 영향

T_3 처리 종료시인 사육 40일째 실험구별 체장에 대한 아가미 뚜껑, 두부, 가슴지느러미 및 꼬리지느러미 길이의 비율은 Table 1과 같다.

체장의 경우 10 ppm구는 6.61 ± 0.07 cm로서 대조구와 100 ppm구에 비해 유의하게 빠른 성장을 나타내었지만 ($P < 0.01$), 20 및 50 ppm구와는 유의차를 인정할 수 없었다. 10 ppm을 제외한 다른 T_3 처리구는 대조구와 차이가 없었다. 체장에 대한 아가미 뚜껑 길이의 비율은 100 ppm구가 대조구를 비롯한 다른 실험구에 비해 유의하게 높았지만, 다른 구들은 대조구와 차이가 없었다. 체장에 대한 꼬리지느러미 및 가슴지느러미 길이의 비율은 100 ppm구가 다른 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났다. 그러나 체장에 대한 두부골격 길이의 비율은 100 ppm구에서 가장 높게 나타났지만, T_3 처리 농도에 따른 일정한 경향은 보이지 않았다.

Table 1. Body length and relative operculum, head and fins length (% of body length) of the juvenile of *A. schlegeli* fed T_3 -supplemented diets for 40 days

T_3 (ppm)	Body length ¹ (cm)	Operculum ² (%)	Head ³ (%)	Pectoral fin ⁴ (%)	Caudal fin ⁵ (%)
0	5.89 ± 0.07^{bc}	14.27 ± 0.09^b	32.65 ± 0.17^{ab}	27.88 ± 0.03^{bc}	21.77 ± 0.41^b
10	6.61 ± 0.07^a	14.45 ± 0.06^b	31.67 ± 0.35^b	28.56 ± 0.37^b	21.21 ± 0.07^b
20	6.02 ± 0.05^{ab}	14.37 ± 0.05^b	33.09 ± 0.10^a	28.56 ± 0.37^b	22.73 ± 0.37^b
50	6.41 ± 0.11^{ab}	14.45 ± 0.18^b	31.83 ± 0.39^b	28.82 ± 0.36^b	21.81 ± 0.21^b
100	5.67 ± 0.17^c	15.30 ± 0.15^a	33.68 ± 0.04^a	32.63 ± 0.33^a	32.75 ± 0.12^a

^{1, 2, 3, 4}Values within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.01$).

⁵Values within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

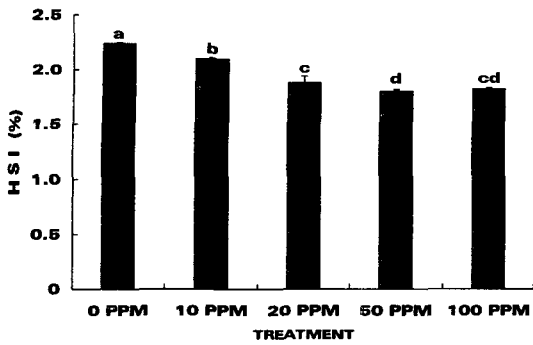


Fig. 4. Hepatosomatic index (HSI) of the juvenile of *A. schlegelii* fed T_3 -supplemented diets on the 50th day of experimental period. The values are means from duplicate group where the bar have different superscript significantly different ($P < 0.01$).

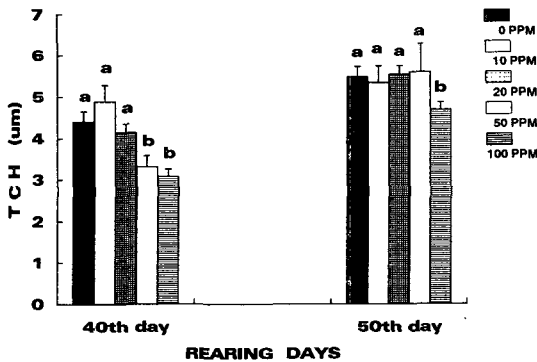


Fig. 5. Mean thyroid epithelial cell height (TCH) of the juvenile of *A. schlegelii* fed T_3 -supplemented diets on the 40th and 50th day of experimental period. The values are means from duplicate group where the bar have different superscript significantly different ($P < 0.05$).

3. 기형어 출현율

실험구별 기형어 출현율은 Fig. 3과 같이 100 ppm구가 $51.67 \pm 5.00\%$ 로 모든 다른 실험구보다 유의하게 높게 나타났으며, 50 ppm구는 $20.00 \pm 3.33\%$ 로 대조구, 10 및 20 ppm구에 비해 유의하게 높게 나타났다 ($P < 0.01$). 그러나 10, 20 ppm구의 경우에는 대조구와 차이를 보이지 않았다.

4. HSI

실험 종료시 실험구별 HSI는 Fig. 4와 같이 대조구가 $2.24 \pm 0.01\%$ 로서 가장 높은 수치를 나타내었고, 모든 T_3 처리구는 대조구보다 유의하게 낮은 값을 나타내었다 ($P < 0.01$). 즉 10 ppm구 $2.10 \pm 0.01\%$, 20 ppm $1.88 \pm 0.06\%$, 50 ppm $1.80 \pm 0.02\%$ 및 100 ppm $1.82 \pm 0.01\%$ 로서 외인성 T_3 에 의해 감성돔의 HSI 값이 낮아짐을 알 수 있었다.

5. TCH

T_3 투여 마지막 날인 40일째, TCH는 Fig. 5와 같이 10 ppm구가 $4.9 \pm 0.4 \mu m$ 로 가장 높았지만, 20 ppm구와 마찬가지로 대조구와 큰 차이가 없었다. 그러나 50 ppm구와 100 ppm구는 대조구에 비해 유의하게 낮았다 ($P < 0.05$).

T_3 투여 중지 10일 후, 즉 실험 종료시의 TCH는 50 ppm구가 $5.6 \pm 0.6 \mu m$ 로 가장 높았고, 100 ppm구는 $4.7 \pm 0.1 \mu m$ 로 가장 낮은 값이었다 ($P < 0.05$). 그러나 대조구, 10 ppm구, 20 ppm구 및 50 ppm구 사이에서 유의차는 인정할 수 없었다 (Fig. 5).

6. 체성분 조성

실험 종료시 실험구별 전어체의 수분, 단백질, 지질 및 회분의 분석 결과는 Table 2와 같다. 어체 수분 함량은 10 ppm구가 대조구에 비해 많았으나, 그 외 T_3 처리구에

Table 2. Whole body proximate composition (%) of the juvenile of *A. schlegelii* fed T_3 -supplemented diets for 50 days¹

T_3 (ppm)	Moisture (%) ²		Protein (%) ³		Lipid (%) ⁴		Ash (%) ⁵	
	mean	s.e.m.	mean	s.e.m.	mean	s.e.m.	mean	s.e.m.
0	70.3 ^b	0.15	56.1 ^{bc}	0.13	25.2 ^a	0.21	17.6 ^c	0.18
10	71.5 ^a	0.13	58.3 ^a	0.05	23.2 ^b	0.24	17.7 ^c	0.24
20	71.3 ^{ab}	0.03	57.1 ^b	0.21	22.2 ^c	0.24	20.1 ^b	0.07
50	70.9 ^b	0.07	55.4 ^c	0.05	22.1 ^c	0.15	21.9 ^a	0.22
100	70.4 ^b	0.24	56.0 ^{bc}	0.25	21.3 ^c	0.14	22.1 ^a	0.10

¹Analyses were carried out on three samples (five fish per sample) from the replicate groups.

²Values within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{3,4,5}Values within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.01$).

서는 대조구와 차이를 보이지 않았다. 단백질 함량의 경우 10 ppm구가 대조구에 비해 많았으나, 그 이상의 T_3 처리구는 대조구와 차이를 보이지 않았다. 한편 어체내 지질 함량의 경우 모든 T_3 구는 대조구에 비해 적었고, 어체내 회분 함량은 10 ppm구가 대조구와 차이를 보이지 않았지만, 그 이상의 T_3 처리구는 대조구 및 10 ppm구에 비해 많았다.

고 찰

경골어류에 있어 외인성 TH처리에 의한 성장촉진 가설로는 식욕 촉진 (Fagerlund et al., 1979), 먹이와 단백질 전환효율 촉진 (Degani and Gallagher, 1986; Higgs et al., 1977; Ince et al., 1982) 및 골격성장 촉진 (Fagerlund et al., 1980; Higgs et al., 1982; Saunders et al., 1985) 등이 있다.

이러한 가설 중 TH에 의한 식욕 촉진은 이미 여러 연구 결과를 통해 보고된 바 있다 (Fagerlund et al., 1979; Higgs et al., 1992; Woo et al., 1991). 본 연구의 결과, 외인성 T_3 와 식욕의 관계를 파악해 볼 때, 대조구에 비해 100 ppm구만이 크게 낮은 양을 나타내었고, 그 외 T_3 처리구는 대조구와 큰 차이를 나타내지 않아, 적정 농도의 T_3 가 어류의 식욕을 촉진시킨다는 Higgs et al. (1992)와 Woo et al. (1991)의 연구 결과와는 다소 차이가 있으므로, 이에 대한 깊이있는 연구가 요구된다.

적정 농도의 외인성 TH 처리는 경골어류의 골격 및 형태 발달에 영향을 미친다 (Fagerlund et al., 1980; Higgs et al., 1982; Saunders et al., 1985). 이러한 TH의 효과는 GH와의 상호작용에 의해 나타날 수 있다 (Donaldson et al., 1979; Eales, 1979; Farbridge and Leatherland, 1988). TH는 어류의 갑상선 조직상이 활성화되어 있을 때, GH와 함께 성장 촉진 효과를 나타내며 (Donaldson et al., 1979; Eales, 1979; Fagerlund et al., 1980; Higgs et al., 1979, 1982; Nacario, 1983; Saunders et al., 1985; Plisetskaya et al., 1983), 이때 TH는 어류의 연골조직 및 골조직 발달에 직·간접적인 작용을 나타낸다 (Barker-Cohen, 1961; Barrington and Rawdon, 1967; Fagerlund et al., 1980; Higgs et al., 1979, 1982; Nacario, 1983; Saunders et al., 1985). 그러나 고농도 TH 처리는 어류의 가슴지느러미 길이와 아가미 기형률을 증가시키며 턱의 이상 발달 등을 유도한다 (Barrington and Rawdon, 1967; Donaldson et al., 1979; Higgs et al., 1982; Nacario, 1983; Weber et al., 1992). 본 연구의 경우 고농도의 T_3 투여 (50, 100 ppm)는 미부 척추골의 척추전만증 (lordosis),

두부 앞끝의 둔화, 아가미 뚜껍의 비틀어짐 등 골격 이상 개체를 유발하였으며, 가슴지느러미의 상대적 길이를 길게 하였다. 이러한 결과는 *Oncorhynchus kisutch* (Higgs et al., 1979)와 *Salmor salar* (Saunders et al., 1985)에 고농도의 T_3 를 투여했을 때 나타난 기형어 유발 결과와 일치한다. 따라서 많은 양의 TH는 어류의 비정상적인 형태 발달을 유도할 수 있으므로 (Donaldson et al., 1979), 성장 촉진을 위한 T_3 투여는 그 처리 농도에 각별한 주의를 기울여야 할 것으로 생각되며 (Kang and Chang, 1996), 본 연구에서는 감성돔의 성장촉진 농도는 20 ppm 이하인 것으로 판단된다. 그러나 환경적인 인자 및 T_3 처리 방법 등과 같은 요인에 따라 처리 결과가 다르게 나타날 수 있기 때문에, 이 농도를 절대적인 기준 농도라 제시하기는 어렵다 (Higgs et al., 1982).

한편 T_3 처리 농도에 따른 HSI의 변화는 다른 연구 결과 (Fagerlund et al., 1984; Farbridge and Leatherland, 1988; Moon et al., 1994; Scott-Thomas et al., 1992)와 마찬가지로 T_3 농도가 높아질수록 낮게 나타났다. T_3 는 어류의 간내 글리코겐 합성 및 축적을 감소시키며 (Farbridge and Leatherland, 1988), 간의 글리코겐과 지질 이용률을 증대시키는 것으로 알려져 있어 (Fagerlund et al., 1984), 이 과정을 통해 HSI가 낮아지는 것으로 추측된다 (Higgs et al., 1992).

외인성 TH는 어류의 갑상선 상피세포 활성화에 관여하며, 이때 상피세포의 활성 측정에 TCH를 이용한다. TCH의 높고 낮음은 각각 갑상선 상피 세포 기능의 활성화 또는 약화를 의미한다 (Fagerlund et al., 1984; Higgs et al., 1983). 그러나 기존의 연구 결과에서 TH의 투여에 의한 TCH 변화는 일정한 경향을 나타내지 못했다 (Eales, 1974; Hurlburt, 1977). Chinook salmon, *O. tshawytscha*의 경우 갑상선은 T_3 투여시 뇌하수체내 갑상선 자극호르몬 (thyroid stimulating hormone : TSH) 분비의 억제작용을 통해 TCH 감소를 나타낸다 (Higgs et al., 1982; 1983). 그러나 무지개송어 (Fagerlund et al., 1984)는 양서류의 변태 (Frye, 1967)에서 나타나는 것처럼 TCH 증가를 유도하였다. 본 연구의 결과 40일째 TCH는 T_3 처리 농도가 높아짐에 따라 낮아지는 경향을 나타내었지만, T_3 투여 중지 10일 후 TCH는 40일째에 비해 모든 실험구에서 높게 나타났다. 이것은 어체의 성장과 더불어 TCH가 증가된 것으로 판단되며, 100 ppm구를 제외한 다른 모든 T_3 구의 TCH가 대조구와 유의차가 없는 것은 갑상선 여포세포가 다시 정상으로 회복되는 것이라 추측된다.

한편, TH는 다른 호르몬과 상호작용으로 수분, 단백질, 지질 및 탄수화물 대사에 영향을 미칠 수 있다. (Donald-

son et al., 1979; Higgs et al., 1982; Matty and Lone, 1985; Plisetskaya et al., 1983). 수분의 경우 일부 연구에서 T_3 경구투여 효과가 없는 것으로 알려지고 있고 (Higgs et al., 1983; Higgs et al., 1992; Moon et al., 1994), 본 연구에서는 10 ppm구를 제외한 나머지 T_3 처리구는 대조구와 유의한 차이가 없었지만, 그 수치의 변화를 보아 대조구에 비해 수분의 함량이 많은 것을 파악할 수 있었다. 단백질의 경우, 본 연구에서는 10 ppm구가 Fagerlund et al. (1984)와 마찬가지로 대조구에 비해 높게 나타났으나, 다른 T_3 처리구들은 대조구와 큰 차이가 없었다. 또한 TH의 지방 분해효과는 Fagerlund et al. (1984)에 의해 보고된 바 있지만, Higgs et al. (1976)와 Higgs et al. (1983)은 오히려 지질의 증가를 관찰하였다. 그러나 본 연구에서는 모든 T_3 처리구가 대조구에 비해 적게 나타났고, T_3 투여량이 증가할수록 감소되는 경향을 나타내었다. 이것은 간내 지질 이용률의 증대에 의한 것으로 생각된다. 회분의 경우 T_3 처리량이 많아질수록 회분함량의 증가를 나타낸 무지개송어 (Fagerlund et al., 1984; Higgs et al., 1992) 및 red drum, *Sciaenops ocellatus* (Moon et al., 1994) 등과 유사한 결과를 보였는데, 이러한 경향은 T_3 가 어류의 골격 성장 촉진과 체내 대사의 증진에 관여했기 때문인 것으로 추측된다.

이상과 같이 적정 농도의 T_3 처리는 감성돔의 골격 발달 및 생리활성에 긍정적인 효과를 유도하지만, 고농도 처리는 기형률의 증대 및 비정상적인 생리 변화를 야기시켜 어체에 상당한 스트레스를 주는 것으로 판단된다. 앞으로 감성돔을 포함한 다른 경골어류를 대상으로 성장 촉진과 관련한 적정 생리활성을 유도할 수 있는 T_3 처리 농도·시기·기간 및 조건이 밝혀져야 하며, 형태형성 측면에서 어종별 TH 기능에 대한 세부적인 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

요 약

감성돔, *A. schlegeli* 치어의 골격 발달 및 생리 변화에 미치는 3,5,3'-triiodo-L-thyronine (T_3)의 효과를 파악하기 위해 T_3 를 0, 10, 20, 50 및 100 ppm으로 사료에 섞어 경구투여하였다.

실험종료시 일간섭식량은 대조구와 10 ppm 및 20 ppm 처리구와는 차이가 없었지만, 50 ppm구 및 100 ppm구는 오히려 대조구에 비해 낮아지는 것을 알 수 있었다. 체장 성장의 경우는 10 ppm 처리구만이 대조구에 비해 빨랐고, 그 외 처리구는 대조구와 차이가 없었다. 체장에 대한 아가미 뚜껑, 두부, 가슴지느러미 및 꼬리지느러미 길이

의 비율은 T_3 처리 농도가 증가할수록 높아지는 경향이 있었다. 한편, T_3 처리에 따른 비정상적 골격 발달을 나타내는 개체는 20~100 ppm 처리구에서 관찰되었으며, 50 ppm과 100 ppm 처리구에서 유의하게 많았다. HSI는 T_3 처리 농도가 높아질수록 낮아지는 경향을 보였다. T_3 처리 종료시인 사육 40일째의 TCH는 처리 농도가 높아질수록 낮아지는 경향을 나타냈으나, 사육 50일째의 TCH는 100 ppm 처리구에서만 유의하게 낮았다. 실험 종료시의 어체성분을 분석한 결과, 수분과 단백질은 10 ppm 처리구에서만 대조구에 비해 유의하게 많았다. 지질은 모든 T_3 처리구에서 대조구보다 적게 나타났으나, 회분은 T_3 처리량이 많아질수록 높아지는 경향이 있었다.

참 고 문 헌

- Barker-Cohen, K.F. 1961. The role of the thyroid in the development of platyfish. *Zoologica* (NY), 46, 181~222.
- Barrington, E.J.W. and B.B. Rawdon. 1967. Influence of thyroxine upon the uptake of ^{35}S -labelled sulphate into the branchial arch skeleton of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Gen. Comp. Endocrinol.*, 9, 116~128.
- Bern, H.A. 1978. Endocrinological studies on normal and abnormal salmon smoltification. In *Comparative Endocrinology*, P.J. Gaillard and H.H. Boer, ed. Elsevier/North-Holland Biochemical Press, Amsterdam, pp. 97~100.
- 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.
- Dickhoff, W.W., L.C. Folmar and A. Gorbman. 1978. Changes in plasma thyroxine during smoltification of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 36, 229~232.
- Donaldson, E.M., U.H.M. Fagerlund, D.A. Higgs and J.R. McBride. 1979. Hormonal enhancement of growth in fish. In *Fish Physiology*, W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett, ed. Academic Press, New York, Vol 8, pp. 455~497.
- Eales, J.G. 1974. Creation of chronic physiological elevations of plasma thyroxine in brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill) and other teleosts. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 22, 209~217.
- Eales, J.G. 1979. Thyroid function in cyclostomes and fishes. In *Hormone and Evolution*, E.J.W. Barrington ed. Academic Press, New York, Vol. 1, pp. 341~346.

- Fagerlund, U.H.M., D.A. Higgs and J.R. McBride. 1979. Influence of feeding a diet containing 17 α -methyl-testosterone at two ration levels on growth, appetite and food conversion efficiency of underyearling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). In *Fish Nutrition and Fishfeed Technology*, J.E. Halver and K. Tiews, ed. Heenemann Verlagsgesellschaft, Berlin, Vol. 1. pp. 221~230.
- Fagerlund, U.H.M., D.A. Higgs, J.R. McBride, M.D. Plotnikoff and B.S. Dosanjh. 1980. The potential for using the anabolic hormones 17 α -methyl-testosterone and (or) 3,5,3'-triiodo-L-thyronine two ration levels in the fresh water rearing of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and the effects on subsequent seawater performance. *Can. J. Zool.*, 58, 1424~1432.
- 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.
- Farbridge, K.R. and J.F. Leatherland. 1988. Interaction between ovine growth hormone and triiodo-L-thyronine on metabolic reserve of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Fish Physiol. Biochem.*, 5, 141~151.
- Frye, B.E. 1967. *Hormonal Control in Vertebrates*. The MacMillan Co., New York.
- Higgs, D.A., E.M. Donaldson, H.M. Dye and J.R. McBride. 1976. Influence of bovine growth hormone and L-thyroxine on growth, muscle composition and histological structure of gonads, thyroid, pancreas and pituitary of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 33, 1585~1603.
- 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.R. McBride, H.M. Dye and E.M. Donaldson. 1977. Influence of combinations of bovine growth hormone, 17 α -methyltestosterone and L-thyroxine on growth of yearling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Can. J. Zool.*, 55, 1048~1056.
- Higgs, D.A., U.H.M. Fagerlund, J.R. McBride and J.G. Eales. 1979. Influence of orally administered L-thyroxine or 3, 5,3'-triiodo-L-thyronine on growth, food consumption and food conversion of underyearling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Can. J. Zool.*, 57, 1974~1979.
- 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.*, 73B, 143~176.
- Higgs, D.A., U.H.M. Fagerlund, J.R. McBride, M.D. Plotnikoff, B.S. Dosanjh, J.R. Markert and J. Davidson. 1983. Protein quality of Altex Canola Meal for juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) considering dietary protein and 3,5,3'-triiodo-L-thyronine content. *Aquaculture*, 34, 213~238.
- Hirata, Y., H. Kurokura and S. Kasahara. 1989. Effect of thyroxine and thiourea on the development of larval red sea bream, *Pagrus major*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55, 1189~1195.
- Hoar, W.S. 1976. Smolt transformation : Evolution, behavior, and physiology. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 33, 1233~1252.
- Honma, Y. and S. Murakawa. 1955. Effect of thyroxine on the development of the chum salmon larvae. *Jpn. J. Ichthyol.*, 4, 83~93.
- Hurlburt, M.E. 1977. Effects of thyroxine administration on plasma thyroxine levels in the goldfish, *Carassius auratus* L. *Can. J. Zool.*, 55, 255~258.
- Iakovleva, I.V. 1949. The independence of the activity of the thyroid gland from the thyrotropic function of the hypophysis in the post-embryonic development of acipenserines. *Dokl. Akad. Nauk., U.S.S.R.*, 60, 281~284 (in Russian).
- Ince, B.W., K.P. Lone and A.J. Matty. 1982. Effect of dietary protein level, and an anabolic steroid, ethylestrenol on the growth, food conversion efficiency and protein efficiency ratio of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Brit. J. Nut.*, 47, 615~624.
- Kang, D.Y. and Y.J. Chang. 1996. Effects of dietary 3,5,3'-triiodo-L-thyronine (T_3) on growth and survival rate in juvenile black seabream, *Acanthopagrus schlegelii*. *J. Aquaculture*, 9, 215~222 (in Korean).
- 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.
- McBride, J.R., D.A. Higgs, U.H.M. Fagerlund and J.T. Buckley. 1982. Thyroid and steroid hormones : Potential for control of growth and smoltification of salmonids. *Aquaculture*, 28, 201~209.
- Matty, A.J. and K.P. Lone. 1985. The hormonal control of metabolism and feeding. In *Fish Energetics*, P. Tytler and P. Calow, ed. Croom Helm, London, pp. 185~209.
- Miwa, S., and Y. Inui. 1987. Effect of various dose of thyroxine and triiodothyronine on the metamorphosis of flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 67, 356~363.
- Miwa, S., M. Tagawa, Y. Inui and T. Hirano. 1988. Thyroxine surge in metamorphosing flounder larvae. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 70, 158~163.
- 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.
- Piggins, D.J. 1962. Thyroid feeding of salmon parr. Nature, 195, 1017~1018.
- Plisetkaya, E., N.Y. Woo and J.C. Murat. 1983. Thyroid hormones in cyclostomes and fish their role in regulation of intermediary metabolism. Comp. Biochem. Physiol., 74A, 179~187.
- Saunders, R.L., S.D. McCormick, E.B. Henderson, J.G. Eales and C.E. Johnston. 1985. The effect of orally administered 3,5,3'-triiodo-L-thyronine on growth and salinity tolerance of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture, 45, 143~156.
- Scott-Thomas, D.A.F., J.S. Ballantyne and J.F. Leatherland. 1992. Interactive effects of high stocking density and triiodothyronine-administration on aspects of the *in vivo* intermediary metabolism and *in vitro* hepatic response to catecholamine and pancreatic hormone stimulation in brook charr, *Salvelinus fontinalis*. J. Exp. Zool., 263, 68~82.
- Tesch, F.W. 1979. The Eel : Biology and Management of *Anguilla anguilla* Eels, P.H. Greenwood ed. John Wiley, New York.
- Vilter, V. 1946. Action de la thyroxine sur la metamorphose larvaire de l'anguille. C.R., Soc. Biol., Paris, 140, 783~785. (in French)
- Weber, G.M., D.K. Okimoto and E.G. Grau. 1992. Patterns of thyroxine (T_4) and triiodothyronine (T_3), in serum and follicular-bound oocytes of the tilapia, *Oreochromis mossambicus*, during oogenesis. Gen. Comp. Endocrinol., 85, 392~404.
- Woo, N.Y.S., A.S.B. Chung and T.B. Ng. 1991. Influence of oral administration of 3,5,3'-triiodo-L-thyronine on growth, digestion, food conversion and metabolism in the underyearling red sea bream, *Chrysophrys major* (Temminck & Schlegel). J. Fish Biol., 39, 495~468.
- Zar, J.H. 1974. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, N. J., pp. 620.

1996년 8월 14일 접수

1997년 3월 8일 수리