

양식산 농어, *Lateolabrax japonicus* 암컷의 난소발달과 혈중 스테로이드 호르몬 양상 및 난모세포 성숙 및 배란유도

이원교[†] · 양석우 · 곽은주

여수대학교 수산생명과학부

Relationship between Ovarian Development and Plasma Levels of Steroid Hormones, and Induction of Oocyte Maturation and Ovulation in the Cultured Female Korean Sea Bass, *Lateolabrax japonicus*

Won-Kyo Lee[†], Seok-Woo Yang and Eun-Joo Kwak

Division of Aqualife Science, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea

요 약: 양식산 농어, *Lateolabrax japonicus* 암컷의 난소와 혈액을 1997년부터 1999년까지 매년 10월부터 2월까지 2회 반복 채취하였다. Gonadosomatic index는 11월부터 증가하기 시작하여 12월(12.8 ± 1.5)과 1월(14.8 ± 3.5)에 최고 수준을 나타낸 후 2월(2.6 ± 1.5)에는 급격히 감소하였다($P < 0.05$). 난소내 난모세포는 12월과 1월에 3차 난황구기까지 발달하고 성장이 완료되지만, 성숙 및 배란이 되지 않고 2월에는 퇴화되었다. 혈중 estradiol-17 β 의 농도는 11월부터 증가하기 시작하여 12월($1,152.3 \pm 107.2$ pg/ml)과 1월($1,315.4 \pm 99.5$ pg/ml)에 최고 수준을 나타낸 후 2월에는 급격히 감소하였다($P < 0.05$). 17 α ,20-dihydroxy-4-pregnen-3-one는 실험기간 동안 낮은 농도($86.6 \pm 6.5 \sim 93.8 \pm 2.8$ pg/ml)를 유지하며 유의한 변화는 없었다($P < 0.05$). 성장이 완료된 난모세포를 갖고 있는 양식산 농어에 HCG를 주사(1,000 IU/kg과 2,000 IU/kg)하면 모든 개체에서 성숙 및 배란이 유도되었다. HCG 농도에 따른 수정율과 부화율은 차이가 없었으나, 부상란 수는 1,000 IU/kg에서 $325,000 \pm 26,000$ 개, 2,000 IU/kg에서 $195,000 \pm 35,000$ 개로 차이가 있었다. 이상의 결과를 종합하면, 양식산 농어 암컷은 양식환경 하에서도 난황 형성 및 난모세포의 성장은 정상적으로 진행되지만, gonadotropin의 surge가 일어나지 않아 최종성숙과 배란이 되지 않는 것으로 추정되었다. 농어에서 난모세포의 인위적 성숙 및 배란 유도에 의한 난 생산은 HCG 1000 IU/kg가 효과적이었다.

ABSTRACT: Gonad and blood samples were taken from the cultured female Korean sea bass, *Lateolabrax japonicus* from October to February between 1997 and 1999. Gonadosomatic index began to increase in November and reached the highest value in December (12.8 ± 1.5) and January (14.8 ± 3.5), and then decreased sharply in February (2.6 ± 1.5 , $P < 0.05$). The ovarian oocytes developed to tertiary yolk stage and reached fully-grown stage in December and January, and then underwent atresia without maturation and ovulation in February. The plasma estradiol-17 β level increased from November, and reached the highest value in December ($1,152.3 \pm 107.2$ pg/ml) and January ($1,315.4 \pm 99.5$ pg/ml), after then decreased in February ($P < 0.05$). The concentration of plasma 17 α ,20 β -dihydroxy-4-pregnen-3-one was not significantly changed at low levels ($86.6 \pm 6.5 \sim 93.8 \pm 2.8$ pg/ml) during the experimental period ($P < 0.05$). All the fish with fully-grown oocytes in the ovary were matured and ovulated by HCG injection. The number of floating eggs were $325,000 \pm 26,000$ at HCG 1,000 IU/kg and $195,000 \pm 35,000$ at 2,000 IU/kg. There was no difference in fertilization rate and hatching rate of the eggs ($P < 0.05$). Considering these results, we could infer that the ovarian oocyte of the cultured Korean sea bass were not matured and ovulated because of the lack of gonadotropin surge. Moreover, HCG injection could induce oocyte maturation and ovulation in the cultured fish, and the effective dose was 1,000 IU/kg.

Key words: Korean sea bass, Steroid hormones, Maturation, Ovulation, HCG.

서 론

어류의 생식주기는 수온 및 광주기 등 환경요인의 변화가 뇌에서 종합되어 시상하부-뇌하수체-생식소를 축으로한 내분비계의 호르몬 분비를 촉진 또는 억제함으로써 조절되는 것으로 알려져 있다(Peter et al., 1991). 즉, 환경정보 및 내적 요인은 뇌에서 종합되어 시상하부에서 생식소자극호르몬 방

[†]교신저자: 전남 여수시 국동 195, 여수대학교 수산생명과학부 (우) 550-749 (전) 061-640-6214 (팩) 061-640-6217 e-mail: wklee@info.yosu.ac.kr

출호르몬(gonadotropin-releasing hormone, GnRH)의 합성 및 분비를 조절한다. GnRH는 뇌하수체에서 생식소자극호르몬(gonadotropin, GTH)의 생성·분비를 촉진하고 GTH는 난소 내 여포세포에서 생성되는 스테로이드 호르몬들의 작용을 통해 난형성(oogenesis) 과정을 조절한다. Estradiol-17 β (E₂)는 간에서 난황전구체의 합성·분비를 자극하여 난황으로 난모세포에 축적시킴으로써 난모세포의 성장을 주도하며, C-21계 스테로이드인 성숙유도호르몬(maturation-inducing hormone, MIH)은 난모세포의 최종 성숙을 유도한다(Nagahama, 1987; Yoshikuni & Nagahama, 1991). 이러한 내분비학적 연구는 어류의 성숙 및 배란유도를 통한 인공 채란 기술개발에 활용되고 있다.

산업적으로 중요한 어류들에 있어서 양식환경 하에서는 정상적인 난형성 과정이 진행되지 않는 종들도 다수 있다. 이는 야생 서식지와는 다른 환경 조건이 스트레스로 작용하여 내분비계의 이상을 초래하기 때문인 것으로 알려졌다(Donaldson & Hunter, 1983; Sumpter, 1991). Amberjack, *Seriola dumerilii* (Micale et al., 1999)에서는 난황형성(vitellogenesis)도 완료되지 않으며, 정어리, *Sardinops melano-stictus* (Matsuyama et al., 1991), catfish, *Clarias macrocephalus* (Tan-Fermin et al., 1997), white bass, *Morone chrysops* (Mylonas et al., 1997) 등은 MIH인 17 α , 20 β -dihydroxy-4-pregnen-3-one(17 α , 20 β -P)/17 α , 20 β , 21-trihydroxy-4-pregnen-3-one(20 β -S)의 분비 또는 GTH surge가 일어나지 않아 난모세포의 최종성숙과 배란이 일어나지 않는 것으로 보고되었다. 따라서 많은 어류들에서 난 생산을 위해 호르몬 처리에 의한 난모세포의 인위적 성숙 및 배란 유도가 시도되었다(Lam, 1982; Donaldson & Hunter, 1983; Zohar, 1989).

농어는 우리나라의 겨울 저수온에도 적응력이 강하고, 고밀도 사육이 가능하여 단위 면적당 생산량이 매우 높아 주요 양식 어종으로 각광 받고 있다. 농어 양식은 자연산 치어를 포획하여 양성하고 있어 수급 불안정과 체포량의 감소로 활성화되지 않고 있다. 따라서 인공종묘 생산을 통한 안정된 대량 종묘생산이 시급한 실정이나 선결되어야 할 수정란 확보 기술조차도 개발되지 않았다. 지금까지 *in vitro*에서 난모세포의 성숙과 배란유도(Baek et al., 1998), 자연산 농어에서 난모세포 성숙 및 배란 유도(Makino et al., 1999) 등의 연구가 수행되었지만 아직까지 수정란의 대량 생산과 안정적 확보는 어려운 상태이다. 따라서 자연산에 비해 확보가 용이한 양식산 농어를 대상으로 생식소 발달과 혈중 스테로이드 호르몬의 변화 양상을 조사하고 안정적으로 수정란을 다량 확보할 수 있는 기술을 개발하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 실험어

양식산 농어 암컷은 1997년부터 1999년까지 매년 10월부터 2월 사이에 2회 반복해서 전남 여수시 돌산읍 연안의 가두리 양식장에서 사육한 3~4년생을 구입하여 실험에 사용하였다. 실험어의 체중 범위는 2.4~3.5 kg였으며, 산란기 전후의 정확한 생식주기의 변화를 밝히기 위해서 매일 10마리씩 실험에 사용하였다. 실험시마다 사육 해역의 수온을 기록하였다.

2. 조직학적 조사

실험어는 구입 즉시 실험실로 옮겨 전장은 0.1 cm, 체중은 0.01 kg까지 측정하였다. 이후 복부를 절개해 난소를 적출하여 0.001 g까지 무게를 측정하고, Bouin's solution에 고정시킨 다음 paraffin법에 따라 5 μ m로 연속절편을 제작하였다. 절편조직은 Delafield's hematoxylin과 eosin으로 염색하여 광학현미경 하에서 20개 이상의 난모세포의 발달단계 및 난경을 조사하였다. 생식소 증량지수(gonadosomatic index, GSI)는 생식소중량 \times 100/체중으로 계산하였으며, 난모세포의 발달 단계의 구분은 Hayashi (1972)와 Makino 등(1999)의 방법을 따랐다.

3. 스테로이드 정량

혈액은 미부하동맥으로부터 해파린 처리된 1회용 주사기로 채취하여 4 $^{\circ}$ C에서 10,000 \times g로 10분간 원심분리한 후 상등액만을 취해 스테로이드 정량시까지 -45 $^{\circ}$ C에서 보관하였다. 이 후 혈중 E₂와 17 α , 20 β -P의 농도는 방사면역측정법(radioimmunoassay)으로 측정하였으며, 측정 방법은 Lee(1998)의 방법에 따랐다.

4. HCG 주사에 의한 난모세포의 성숙 및 배란유도

양식산 농어 암컷은 실험 4~5일 전에 육상 콘크리트 사육수조로 옮겨 적응시켰으며, 사육수온은 14 $^{\circ}$ C로 유지하였다. 실험어는 100 ppm 3-aminobenzoic acid ethyl ester (MS-222, Sigma)로 마취시켜 전장과 체중을 측정하고, cannula를 이용하여 난소으로부터 난모세포를 꺼내어 난경이 550 μ m 이상인 개체만을 실험에 사용하였다. 실험어는 대조구, 실험구 I (Exp. I) 및 실험구 II (Exp. II)로 나누었으며, HCG를 해산어 링거액(marine fish Ringer's solution, MFRS, CaCl₂ 0.346 g/l, KCl 0.597 g/l, MgCl₂ 0.017 g/l, NaCl 13.5 g/l, NaHCO₃

0.025 g/ℓ, pH 6.45)에 녹여 각각 0, 1,000, 2,000 IU/kg이 되도록 주사하였다. 주사 후에는 매일 복부팽만 상태를 관찰하여 난모세포의 성숙 및 배란이 유도된 것으로 추정되는 개체는 cannula로 난모세포를 적출하여 cleaning solution으로 처리한 후 현미경 하에서 재확인하였다.

난모세포의 성숙과 배란이 확인된 개체는 복부압박법으로 채란하고 습식법으로 인공 수정시켰다. 수정란은 모래여과 해수로 3회 이상 세란하여, 2ℓ 메스실린더에 넣고 20분 후에 부상란의 양을 측정하였다. 부상란 수는 용적법(부상란량 ml×700개)으로 계수하였다. 부상란은 즉시 0.5톤 수량의 부화 수조로 옮겼으며 수온은 16°C로 유지하였다. 수정 3시간 후에 200개의 부상란 중에서 정상발생 중인 4세포기 배아의 수를 조사하여 수정율(4세포기 배아 수/부상란 수×100)을 구하였으며, 부화 종료 후에 부화 자어 수를 조사하여 부화율(부화 자어 수/4세포기 배아수×100)을 구하였다.

5. 통계처리

통계 처리 방법으로는, 두 실험군간의 통계적 유의성은 Student's *t*-test로, 실험군들의 연속 변화는 Duncan's multiple-range test로 분석하였으며, *P*값이 0.05 보다 작은 경우를 유의하다고 판단하였다.

결 과

1. 수온 및 난소 발달

실험기간 동안의 수온 변화 및 양식산 농어 암컷의 GSI 변화는 Fig. 1에 나타내었다. 10월의 수온은 20.2°C였으며 11월에는 16.3°C로 낮아지기 시작하여 12월에 12.5°C, 1월에 6.5°C 그리고 2월에는 6.4°C에 이르렀다. 10월의 GSI는 0.8±0.1였으며 11월에 4.2±1.2로 증가하기 시작하였다. 12월과 1월에는 각각 12.8±1.5, 14.8±3.5로 최고 수준에 이르렀으나, 2월에는 2.6±1.5로 급격히 감소하였다(*P*<0.05).

양식산 농어에서 난소내 난모세포의 난경과 발달단계의 변화는 Table 1에 나타내었다. 10월의 대부분의 난소에는 주 변인기(perinucleolus stage, 난경: 83.3±25.5 μm)의 난모세포로 채워져 있었다. GSI가 증가하기 시작한 11월의 난소에서는 1차 난황구기(primary yolk stage, 77.6±32.6 μm)의 난모세포가 출현하였다. 이후 12월의 난모세포는 난황축적으로 크게 성장하여 3차 난황구기(tertiary yolk stage, 622.0±48.3 μm)까지 발달하였으며 1월의 난소에서도 3차 난황구기 난모세포(650.8±35.0 μm)가 주로 나타났으나, GSI가 감소하기 시작한 2월에는 퇴화되는 여포(atretic follicle)가 출현하였다.

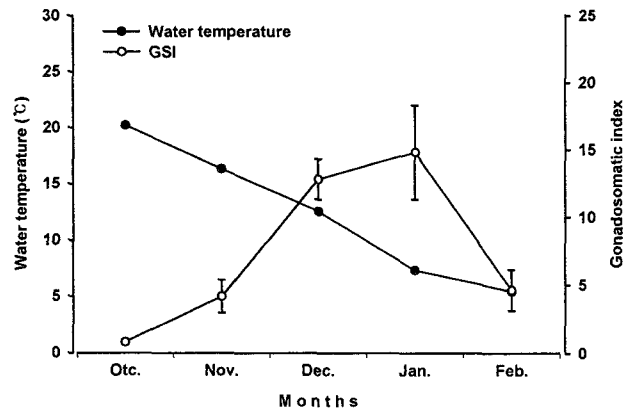


Fig. 1. Changes in water temperature near the coast of Yosu and gonadosomatic index (GSI) of the cultured female Korean sea bass, *Lateolabrax japonicus* during experimental period.

Table 1. Changes in oocyte diameter and developmental stage of the cultured female Korean sea bass

	Oocyte diameter (μm) ¹⁾	Oocyte developmental stage
Oct.	83.3 ± 25.5	PN ²⁾
Nov.	477.6 ± 32.6	PY ³⁾
Dec.	622.0 ± 48.3	TY ⁴⁾
Jan.	650.8 ± 35.0	TY ⁴⁾
Feb.	643.5 ± 32.6	TY ⁴⁾ , AF ⁵⁾

¹⁾ Oocyte diameter of largest size group in ovary. Each value is mean ± SEM.

²⁾ PN : perinucleolus stage.

³⁾ PY : primary yolk stage.

⁴⁾ TY : tertiary yolk stage.

⁵⁾ AF : atretic follicle.

2. 혈중 스테로이드 호르몬의 변화

양식산 농어 암컷에서 혈중 E₂와 17α,20β-P의 농도 변화는 Fig. 2에 나타내었다.

혈중 E₂ 농도는 10월에 482.5±13.2 pg/ml였으며, 11월에 628.5±55.3 pg/ml로 증가하기 시작하여 12월과 1월에는 각각 1,152.3±107.2 pg/ml, 1,315.4±99.5 pg/ml로 최고 수준을 보였다. 이후 2월에는 695.4±78.6 pg/ml로 급격히 감소하였다 (*P*<0.05).

혈중 17α,20β-P의 농도는 10월에 86.6±6.5 pg/ml였으며, 이후 실험기간 동안 87.6±17.0~93.8±2.8 pg/ml의 수준에서 유의한 변화는 나타나지 않았다(*P*<0.05).

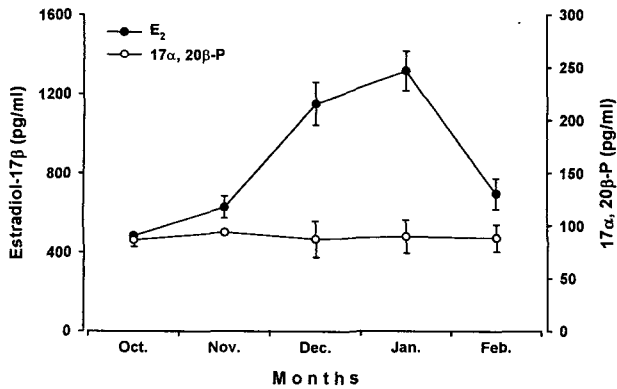


Fig. 2. Changes in plasma E₂ and 17 α , 20 β -P levels in the cultured female Korean sea bass. Each value is mean \pm SEM. E₂: estradiol-17 β ; 17 α , 20 β -P: 17 α , 20 β -dihydroxy-4-pregnen-3-one.

3. HCG에 의한 인위적 산란유도

HCG의 투여 농도에 따른 양식산 농어의 난모세포 성숙 및 배란유도 결과는 Table 2에 나타내었다. 실험어의 체중은 2.4~3.1 kg였으며, 난소내에는 난경이 632~692 μ m인 3차

난황구기 난모세포를 가지고 있었다.

Exp. I에서는 모든 개체에서 난모세포의 성숙 및 배란이 유도되었다. 평균 채란량은 680,000 \pm 59,000개였으며, 이중 325,000 \pm 26,000개가 부상하여 48.4 \pm 2.3%의 부상율을 나타내었다. 수정율은 66.4 \pm 2.6%였으며, 부화율은 79.3 \pm 3.8%였다. Exp. II에서도 모든 개체가 난모세포의 성숙 및 배란이 되었으며, 평균 채란량도 576,000 \pm 41,000개로 Exp. I 과 유의차가 없었다. 그러나 수정 가능한 부상란 수는 195,000 \pm 35,000개로 감소하여 부상율이 33.3 \pm 5.2%로 낮았다(P<0.05). 부상란의 수정율과 부화율은 각각 64.8 \pm 3.1%, 86.2 \pm 2.6%였다. 대조구에서 난모세포의 성숙 및 배란에 이른 개체는 없었다.

고 찰

수온과 광주기는 어류의 생식주기를 제어하는 중요한 환경요인으로 알려져 있으며, 주년 생식의 형태는 봄산란형 (spring spawner), 봄·여름산란형 (spring-summer spawner), 여

Table 2. Effects of HCG injection on inducing oocyte maturation and ovulation in the cultured female Korean sea bass

Experimental group	Body weight (kg)	Oocyte developmental stage	Oocyte diameter (μ m)	Number of eggs ($\times 10^4$) ¹⁾	Number of floating eggs ($\times 10^4$) ²⁾	% of floating eggs	% of fertilized eggs	Hatching rate (%) ³⁾
Control	2.7	TY ⁴⁾	650	—	—	—	—	—
	2.5	TY	632	—	—	—	—	—
	2.8	TY	662	—	—	—	—	—
648.0 \pm 8.7								
Exp. I	2.6	TY	672	63.5	32.3	50.8	72.6	84.8
	2.5	TY	654	48.3	23.2	48.1	65.8	79.3
	2.4	TY	645	75.6	36.5	48.3	59.2	72.3
	2.9	TY	690	83.1	32.5	40.3	62.8	90.3
	3.1	TY	684	69.7	38.1	54.6	71.6	70.0
669.0 \pm 8.6				68.0 \pm 5.9	32.5 \pm 2.6	48.4 \pm 2.3	66.4 \pm 2.6	79.3 \pm 3.8
Exp. II	2.8	TY	685	45.7	9.6	21.0	66.6	96.1
	2.7	TY	675	62.8	25.2	40.2	57.6	81.1
	2.9	TY	692	69.7	23.1	33.2	75.4	82.5
	2.5	TY	660	54.7	12.7	23.2	60.2	85.4
	2.5	TY	672	55.0	26.8	48.8	64.4	86.0
676.8 \pm 5.5				57.6 \pm 4.1	19.5 \pm 3.5	33.3 \pm 5.2	64.8 \pm 3.1	86.2 \pm 2.6

Control, Exp. I and Exp. II were injected with 0, 1,000 and 2,000 IU/body kg, respectively.

¹⁾ total number of floating eggs/total number of eggs \times 100.
²⁾ total number of 4 cell embryos/total number of floating viable eggs \times 100.
³⁾ total number of hatched embryos/total number of 4 cell embryos \times 100.
⁴⁾ tertiary yolk stage.

름산란형(summer spawner), 봄·가을산란형(spring/autumn spawner), 가을산란형(autumn spawner) 그리고 겨울산란형(winter spawner)이 있다(Aida, 1991). 자연 상태에서 농어는 산란기가 12월에서 2월로 겨울산란형인 것으로 추정된다. 겨울산란형은 광주기보다는 수온이 생식소 발달에 더 큰 영향을 미치는 것으로 알려졌다(Aida, 1991). 양식산 농어에서 난소 내 난모세포의 발달단계는 10월(수온: 20.2°C) 주변인기, 11월(16.3°C) 1차 난황구기, 12월(12.5°C)과 1월(6.5°C)에는 3차 난황구기였으며 이 기간 동안 GSI는 증가하였다(Fig. 1 & Table 1, $P < 0.05$). 따라서 수온이 20.2°C에서 16.3°C로 낮아지면서 난황합성이 개시되며 12.5°C로 낮아지는 동안에도 활발하게 진행되는 것으로 나타났다. 자연상태의 농어는 가을에 근해로 이동하여 수온이 15°C 근처에서 월동하는 것으로 추정되고 있어 1월 중 6.5°C로 낮아진 수온에도 3차 난황구기 난모세포들이 난소 내에 존재하는 것은 최종성숙과 배란이 되지 않았기 때문으로 생각되나 정확한 원인은 아직 알 수 없다. 수온이 6.4°C로 낮아진 2월에는 난모세포가 퇴화되면서 GSI는 급격히 낮아졌다($P < 0.05$).

많은 어류에서 간의 난황 전구물질 합성을 촉진하는 것으로 알려진 E_2 의 혈중 농도는 난황 형성기에 높게 나타나며, 난모세포의 최종성숙 또는 산란기 직전에 급격히 감소하는 것으로 알려졌다(Crim & Idler, 1978; Santos et al., 1986; Matsuyama et al., 1991; 1994; Lee, 1998). 양식산 농어에서도 혈중 E_2 농도는 활발한 난황축적으로 GSI가 증가하는 시기에 높게 나타났으며, GSI가 가장 높은 12월과 1월에 최고 수준을 보였으나 난모세포가 퇴화되는 2월에는 급격히 감소하였다(Fig. 1 & 2, $P < 0.05$). 양식산 농어에서 혈 중 E_2 농도의 변화 양상은 난소의 발달단계와 긴밀한 관계를 보였다.

자연산 농어에서 성장이 완료된 난모세포의 크기(600~690 μm)와 양식산 농어의 난경(622~650 μm)은 차이가 없어 양식산 농어의 난황축적에 의한 난모세포의 성장은 정상적으로 진행된 것으로 나타났다(Hayashi, 1972). 그러나 양식산 농어에서는 난모세포의 최종성숙 및 배란이 일어나지 않았다(Table 1). 많은 경골어류에서 $17\alpha, 20\beta\text{-P}$ 는 MIH로 알려졌다(Nagahama, 1987; Matsuyama et al., 1994; Yoshikuni & Nagahama, 1991; Matsuyama et al., 1996). 또한 연어과, salmoniform 및 잉어과, cypriniform 어류 등에서는 $17\alpha, 20\beta\text{-P}$ 의 혈중 농도가 난모세포의 최종 성숙기에 특히 높게 나타나며, 이는 GTH의 surge에 의해 여포세포에서 $17\alpha, 20\beta\text{-P}$ 의 생성이 증가되기 때문이다(Goetz, 1983; Nagahama, 1987). 양식산 농어에서는 실험기간 동안 혈중 $17\alpha, 20\beta\text{-P}$ 의 농도는 낮은 농도를 유지하며 뚜렷한 변화를 보이지 않았다(Fig. 2,

$P < 0.05$). 양식산 농어에서 난모세포가 최종성숙과 배란에 이르지 못한 원인은 여포세포에서 $17\alpha, 20\beta\text{-P}$ 생성이 정상적으로 이루어지지 않았기 때문인 것으로 추정된다.

GTH 유사체에 의한 난모세포의 최종성숙 및 배란 유도는 자주복, *Takifugu rubripes* (Miyaki et al., 1992), walking catfish, *Clarias batrachus* (Zairin Jr. et al., 1992), 방어, *Seriola quinqueradiata* (Matsuyama et al., 1996), white bass, *Morone chrysops* (Suresh et al., 2000) 등 많은 어류에서 성공되었다. 양식 어류에 있어서는 GTH의 surge가 일어나지 않아 MIH의 생성 부족으로 난모세포의 최종성숙과 배란이 일어나지 않은 것으로 추정된다. 양식산 농어에서도 HCG 주사에 의한 난모세포의 성숙 및 배란 유도가 성공적으로 유도되었으며, 1,000 IU/kg(부상란 수: 325,000개)이 2,000 IU/kg (195,000개)보다 효과적이었다(Table 2). 일본의 자연산 농어에서 HCG에 의한 최종성숙과 배란을 통해 얻은 부상란 수는 51,000~179,000개로 보고되었다(Makino et al., 1999). 따라서 양식산 농어를 이용한 난 생산이 더 효과적이었다.

대부분의 어류에서 수컷의 배정은 크게 문제시되지 않으며, 배정이 되지 않을 경우라도 뇌하수체 추출물, HCG 또는 methyltestosterone을 주사함으로써 쉽게 해결할 수 있는 것으로 알려졌다(Lam, 1982). 농어 수컷도 양식환경 하에서 정상적인 배정이 이루어졌으며, 원활한 배정이 되지 않는 경우도 HCG의 1회 주사로 해결할 수 있었다(data not shown). 따라서 양식산 농어의 수정란 확보에서 수컷은 큰 문제가 되지 않았다.

최근 luteinizing hormone-releasing hormone (LHRH) 또는 그 유사체(LHRH-a)를 액상으로 주사 또는 펠렛 형태로 만들어 근육 속에 삽입함으로써 대상 어류 자체의 GTH 합성 분비를 촉진하여 난모세포의 성숙 및 배란을 유도하는 방법이 이용되고 있다(Lam et al., 1976; Lee et al., 1987; Okumura & Sakae, 1993; Chuda et al., 1997). 따라서 양식산 농어에서도 LHRH- α 를 이용한 난모세포의 성숙 및 배란 유도 연구가 이루어진다면 보다 효과적인 인공채란이 이루어질 것으로 기대된다.

인용문헌

- Aida K (1991) Environmental regulation of reproductive rhythms in teleosts. Bull. Inst. Zool, Academia Sinica, Monograph 16: 173-187.
- Baek HJ, Kim HB, An CM, Myeong JI (1998) *in vitro* effects of hormonal treatment on induced maturation and ovulation

- in the sea bass, *Lateolabrax japonicus*. J Aquacult 11(1): 119-124.
- Chuda J, Matsuyama M, Ikeda Y, Matsuura S (1997) Development of the maturation- and ovulation-induction method in cultured tiger puffer *Takifugu rubripes* by hormonal treatment. Nippon Suisan Gakkaishi 63(5): 728-733.
- Crim LW, Idler DR (1978) Plasma gonadotropin, estradiol, and vitellogenin and gonad phosphatase levels in relation to the seasonal reproductive cycles of female brown trout. Annls Biol Anim Biochem Biophys 18: 1001-1005.
- Donaldson EM, Hunter GA (1983) Induced final maturation, ovulation, and spermiation in cultured fish. In: Hoar WS, Randall DJ, Donaldson EM (eds) Fish Physiology, Vol. IXB. Academic Press, New York, pp 351-403.
- Goetz FW (1983) Hormonal control of oocyte final maturation and ovulation in fishes. In: Hoar WS, Randall DJ, Donaldson EM (eds) Fish physiology, Vol. IXB. Academic Press, New York, pp 117-170.
- Hayashi I (1972) On the ovarian maturation of the Japanese sea bass, *Lateolabrax japonicus*. Japan J Ichthyol 19(4): 234-254.
- Lam TJ, Pandey S, Nagahama Y, Hoar WS (1976) Effect of synthetic luteinizing hormone-releasing hormone (LH-RH) on ovulation and pituitary cytology of the goldfish, *Carassius auratus*. Can J Zool 54: 816-824.
- Lam TJ (1982) Applications of endocrinology to fish culture. Can J Fish Aquat Sci 39: 111-137.
- Lee CS, Tamaru CS, Miyamoto GT, Kelley CD (1987) Induced spawning of grey mullet (*Mugil cephalus*) by LHRH-a. Aquaculture 62: 327-336.
- Lee WK (1998) Annual reproductive cycle and changes in plasma levels of sex steroid hormones of the female Korean dark sleeper, *Odontobutis platycephala* (Iwata et Jeon). J Korean Fish Soc 31(4): 599-607.
- Makino N, Uchiyama M, Iwanami S, Yohyama T (1999) Hormonal treatments for induction of oocyte maturation and ovulation in wild Japanese sea bass, *Lateolabrax japonicus* Nippon Suisan Gakkaishi 65(6): 1030-1041.
- Matsuyama M, Fukuda T, Ikeura S, Nagahama Y, Matsuura M (1991) Annual reproductive cycle of the captive female Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*: relationship to ovarian development and serum levels of gonadal steroid hormones. Mar Biol 108: 21-29.
- Matsuyama M, Fukuda T, Ikeura S, Nagahama Y, Matsuura M (1994) Spawning characteristics and steroid hormone profiles in the wild female Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*. Fish Sci 60(6): 703-706.
- Matsuyama M, Kagawa H, Arimoto M, Maruyama K, Hirotsuji H, Kashiwagi M, Liu R (1996) Changes of ovarian maturity in the yellowtail, *Seriola quinqueradiata* induced by a human chorionic gonadotropin. Suisanzoshoku. 44(2): 189-195.
- Micale V, Maricchiolo G, Genovese L (1999) The reproductive biology of the amberjack, *Seriola dumerilii* (Risso 1810). I. Oocyte development in captivity. Aquacult Res 30: 349-355.
- Miyaki K, Tachihara K, Ebisu R, Tsukashima Y, Matsumura Y, Guhita S, Hayashida G, Tabeta O (1992) Induction of ovarian maturation of the tiger puffer, *Takifugu rubripes* by gonadotropic hormone injection. Suisanzoshoku 40(4): 439-442.
- Mylonas CC, Magnus Y, Klebanov Y, Gissis A, Zohar Y (1997) Reproductive biology and endocrine regulation of final oocyte maturation of captive white bass. J Fish Biol 51: 234-250.
- Nagahama Y (1987) Gonadotropin action on gametogenesis and steroidogenesis on teleost gonads. Zool Sci 4: 209-222.
- Okumura S, Sakae K. (1993) Effect of LHRH-a cholesterol pellet on ovarian maturation and spawning in Roundnose flounder, *Eopsetta garigorjewi*. Suisanzoshoku 41(1): 13-18.
- Peter RE, Trudeau VL, Sloley BD (1991) Brain regulation of reproduction in teleost. Bull Inst Zool., Academia Sinica, Monograph 16, 89-118.
- Santos AJG, Furukawa K, Kobayashi M, Bando K, Aida K, Hanyu I (1986) Plasma gonadotropin and steroid hormone profiles during ovulation in the carp *Cyprinus carpio*. Bull Jap Soc Scient Fish 52: 1159-1166.
- Sumpter JP (1991) The stress response and its consequences in cultured fish. Bull Inst Zool, Academia Sinica, Monograph 16: 229-236.
- Suresh AV, Rudacille JB, Allyn ML, Sheehan V, Sheehan RJ, Kohler CC (2000) Single injections of human chorionic gonadotropin or mammalian gonadotropin releasing hormone analog at low dosages induce ovulation in white bass. N Am J Aquacult 62: 87-94.
- Tan-Fermin JD, Ijiri S, Ueda H, Adachi S, Yamauchi K (1997)

- Ovarian development and serum steroid hormone profiles in hatchery-bred female catfish *Clarias macrocephalus* (Gunther) during an annual reproductive cycle. *Fish Sci* 63(6): 867-872.
- Yoshikuni M, Nagahama Y (1991) Endocrine regulation of gametogenesis in fish *Bull Inst. Zool, Academia Sinica, Monograph 16*: 139-172.
- Zairin JrM, Furukawa K, Aida K (1992) Induction of ovulation by HCG injection in the tropical walking catfish *Clarias batrachus* reared under 23~25°C. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58(9): 1681-1685.
- Zohar Y (1989) Fish reproduction: its physiology and artificial manipulation. In: M. Shilo and S. Sarig (Editors), *Fish Culture in Warm Water Systems*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 65-119.