J. Korean Fish. Soc. 29(2), 157~164, 1996

한수지, 29(2), 157~164, 1996

태생 경골어류, 망상어(*Ditrema temmincki*)의 임신기 동안 체내자어의 체액삼투압 및 모체 난소조직상의 변화

李正植·陳 平
釜山水産大學校 海洋生物學科

Changes of the Osmolarity in Embryonic Body Fluid and the Maternal Ovarian Tissue of the Viviparous Teleost, *Ditrema temmincki*, during the Gestation Period

Jung Sick LEE and Pyung CHIN
Department of Marine Biology, National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea

Dry weight and body fluid osmolarity of embryo, and maternal ovarian fluid and the ovarian inner tissue of the viviparous teleost, *Ditrema temmincki*, changed considerably during the gestation period. After the complete absorption of the egg yolk, average dry weight of the embryo increased to 373.76 mg, and the range of total length (TL) was from 6.0 to 60.0 mm. Osmolarity of the embryonic body fluid was 796.8 mOsmol/kg with TL 64.0 mm right before parturition. Ovarian outer membrane started to swelling clearly after fertilization, and maximized in March. The swelling of ovigerous folds was maximized in late April. Expansion of blood vessels and increase of hemocytes reached to their maximum right before parturition.

The results of this study indicated that these changes are related to the nutritional and environmental adaptation of both the embryo and the maternal body during the gestation period.

Key words : viviparous teleost, *Ditrema temmincki*, embryo, maternal fish, gestation, adaptation.

서 론

난태생 및 태생어류는 난생어류와는 뚜렷하게 다른 생식전략을 가지는데, 교미와 수정 이외에도 임신기 동안 이들의 체내자어는 모체내에서 영양 및 환경적 적응이라고 하는 중요한 기능을 수행해야 한다. 따라서 이들의 생식과 관련된 연구는 체내자어의 발달양식과 영양 및 환경적 적응에 주로 초점이 맞추어지고 있다. 망상어科 어류의 임신기 동안 체내자어의 영양 및 환경적 적응과 관련한 연구는 *Cymatogaster aggregatus*의 임신기 동안 난소의 조직 세포학적 변화(Turner, 1938)와 *Rhacochilus vacca*와 *Embiotoca lateralis* 체내자어의 호흡적응(Webb and Brett, 1972a, b; Ingermann and Terwilliger, 1981a, b, 1982), 망상어科 어류 체내자어의 영양과 배설에 관한 연구(De Vlaming et al., 1983), *R. vacca*의 체내자어의 영양흡수 구조(Wourms and Lombardi, 1985) 등이 있다. 하지만 망상어의 임신기 동안 체내자어의 영양 및 환경적 적응에 관한 보고는 찾아보기 힘든 실정이다.

망상어는 망상어科에 속하는 해산 태생 경골어류로서 이들은 북미와 일본연안 그리고 우리나라 남부연안에 주로 분포한다. 이들은 암수사이에 성적이형이 뚜렷하다. 임신기간은 약 6개월 정도로서 연중 1회 자어를 출산한다(Lee and Lee, 1989).

본 연구의 목적은 망상어 체내자어가 약 6개월 동안 모체내에서 발달하는 과정중에 나타나는 영양 및 환경적 적응현상을 제시하고, 차후 이들의 모체내 적응기작을 연구함에 있어서 기초자료를 제공하고자

함이다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 재료는 1993년 11월부터 1994년 8월까지 부산 수영만 인근해역에서 정치망에 의해서 채집된 개체이다. 채집된 재료는 실험실로 옮겨 모체와 모체의 난소강으로 부터 추출한 체내자어를 해부현미경과 측정자를 이용하여 전장과 체장을 0.1 mm까지 측정하였다.

체내자어의 건중량은 건조기에서 70℃로 24시간 동안 건조시킨 후 0.001 mg 까지 측정하였으며, 건중량과 체액삼투압은 동일한 모체에서 추출된 같은 크기의 체내자어 10마리의 평균값으로 나타낸 것이다.

체내자어의 체액삼투압은 삼투질농도로써 측정하였다. 삼투질농도 측정은 여과지를 이용하여 체내자어 체표의 난소강액을 제거하고 ultra-sonicator (Soniprep 150)로 어체를 마쇄하여 이것을 3,000 rpm으로 30분간 원심분리하여 상등액 2.0 ml를 채취하여 분석하였다. 삼투질농도는 *osmometer* (Fiske *model* OS)의 freezing point로써 측정하였다.

모체의 생식소는 Bouin's solution에 일정시간 고정 후, 파라핀 절편법에 의해 4~6 μm 두께로 연속절편하여 조직표본을 만들었다. 염색은 Mayer's hematoxylin과 0.5% eosin (H-E)의 비교염색과 Mallory 삼중염색을 실시하였다.

결 과

1. 체내자어의 성장

모체의 난소강내에서 부화된 부화자어는 복부의 난황낭에 난황을 보유하고 있는데, 난황의 보유는 전장 6.0 mm 시기까지 이어진다.

전장 4.0 mm 부터 전장 60.0 mm 사이의 체내자어의 무게성장을 알아보기 위하여 건중량을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다.

전장 4.0 mm인 체내자어의 건중량은 0.12 mm이었으며, 전장 6.0 mm 시기에는 0.2 mm으로 증가 하였다. 이후 건중량은 전장 10.0 mm에는 0.86 mg, 전장 20.0 mm에서는 5.6 mg, 29.0 mm에서는 15.62 mg으로 증가하는 경향을 보였으며, 난황흡수 완료시기인 전장 6.0 mm부터 전장 60.0 mm 사이에 건중량은 373.76 mg이 증가하였다.

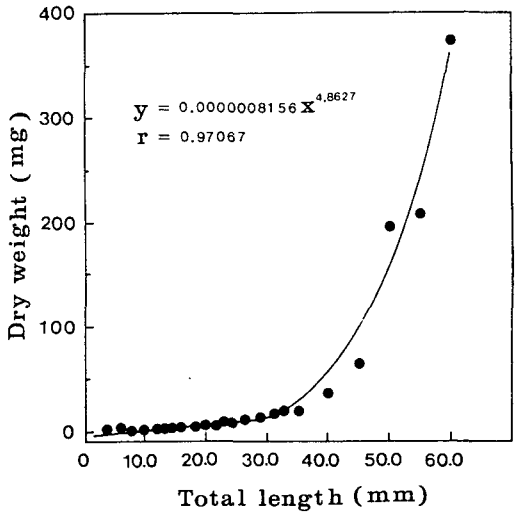

Fig. 1. Embryonic growth expressed as dry weight showing the increase from TL 4.0 mm to TL 60.0 mm in *Ditrema temmincki*.

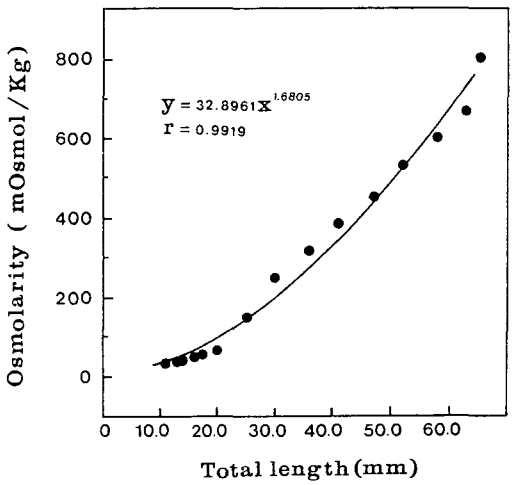

Fig. 2. Changes of osmolarity in embryonic body fluid during the gestation period in *Ditrema temmincki*.

전장 4.0 mm 부터 전장 60.0 mm 까지의 전장과 건중량의 증가관계는 y=0.0000008156×4.8627의 지수함수식으로 표시되었다.

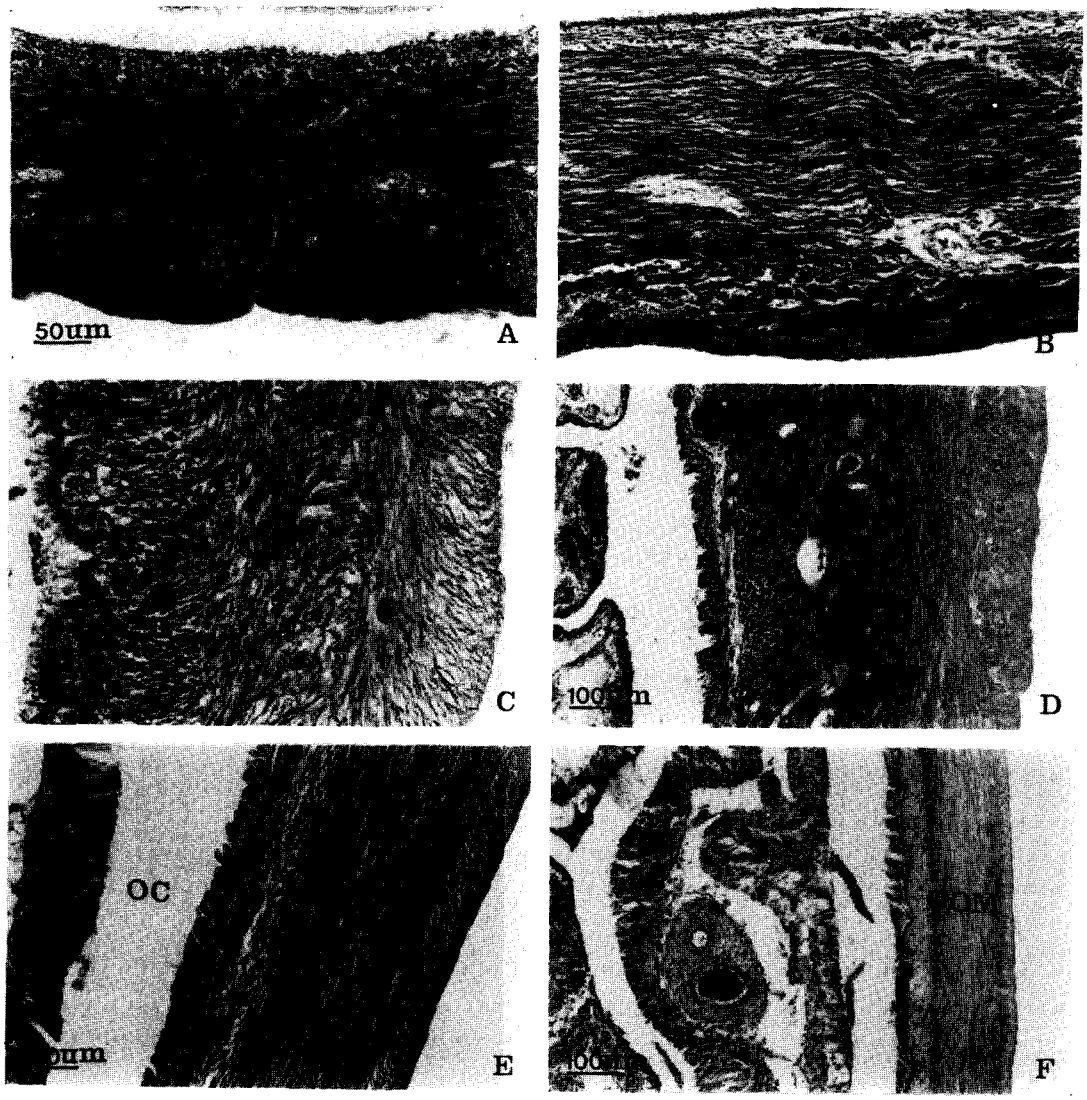

Fig. 3. Photomicrographs of changes in the ovarian outer membrane during the reproductive cycle of *Ditrema temmincki*. A, resting stage. ×200; B, growing stage. ×200; C, after copulation. ×200; D, mid gestation stage. ×100; E, late gestation stage. ×200; F, parturition stage. ×100. OC, ovarian cavity; OOM, ovarian outer membrane.

2. 체내자어의 체액삼투압 변화

임신기 동안 체내자어의 환경적 적응을 위한 체액삼투압의 변화는 Fig. 2와 같다. 체내자어의 성장에 따른 체액삼투압의 변화는 전장 11.0 mm에는 34.2 mOsmol/kg, 20.0 mm에는 66.1 mOsmol/kg으로 증가하였으며, 30.0 mm에는 250.4 mOsmol/kg으로 큰폭의 증가를 보였고, 41.0 mm에는 385.5 mOsmol/kg, 52.0 mm에는 529.1 mOsmol/kg, 출산직전인 전장 64.0 mm에는 796.8 mOsmol/kg로 증가하여, 체내자어의 전장과 체액삼투압의 관계는 $y=32.8961\times1.6805$의 지수함수식으로 표시되었다.

3. 모체 난소조직상의 변화

모체의 난소는 임신기 동안 난소강액의 증가와 함께 난소외막, 난소습곡, 혈관의 변화를 나타낸다.

난소내부조직을 둘러싸는 난소외막의 구조는 가장

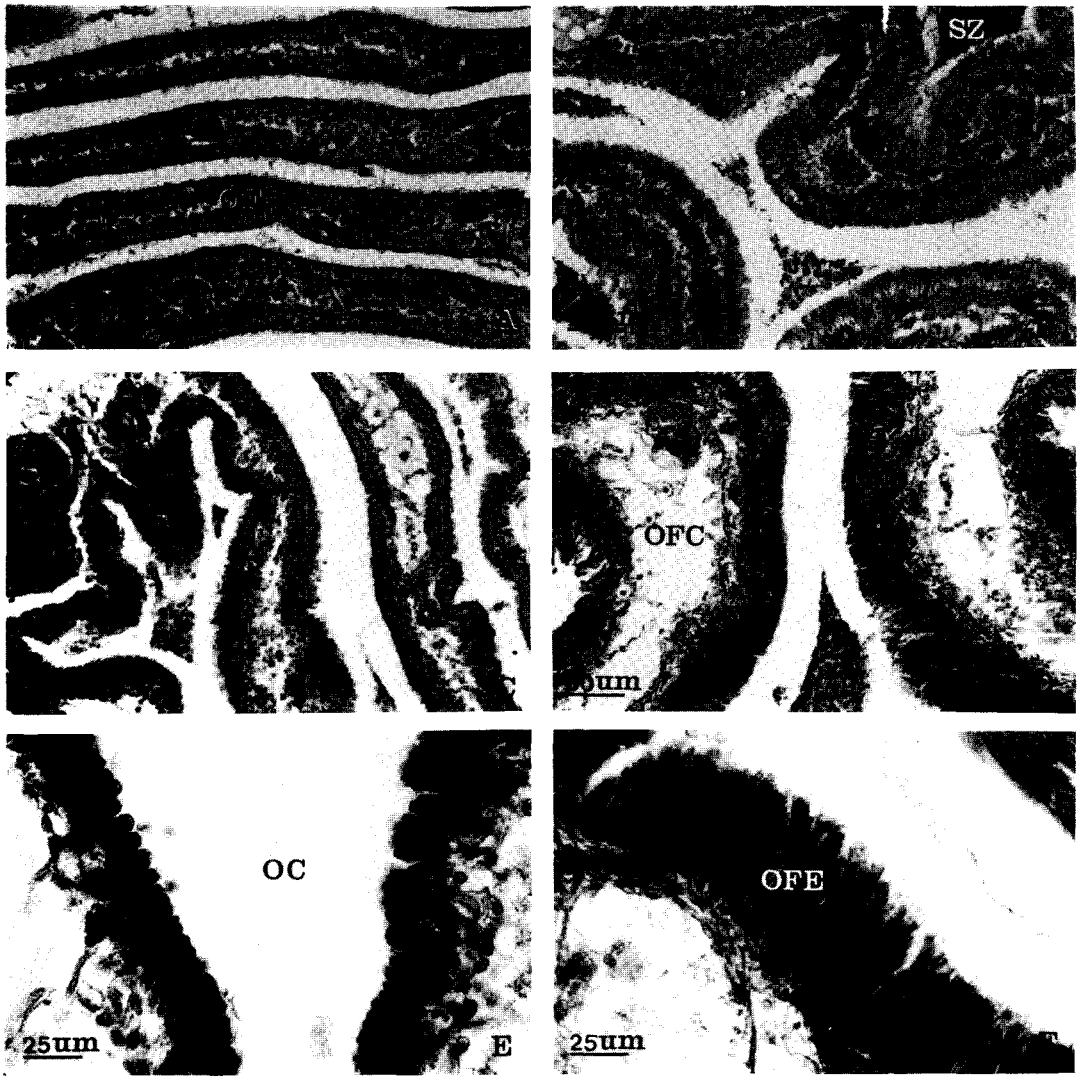

Fig. 4. Photomicrographs of changes in the ovigerous fold during the reproductive cycle of *Ditrema temmincki*. A, growing stage. ×200; B, after copulation. ×200; C, after fertilization. ×200; D, early gestation stage. ×200; E, mid gestation stage. ×400; F, late gestation stage. ×400. OC, ovarian cavity; OF, ovigerous fold; OFC, ovigerous fold cavity; OFE, ovigerous fold epithelium; SZ, spermatozoa.

바깥쪽의 얇은 장막구조를 시작으로 내부로 들어가면서 결체조직을 포함한 종주근층, 사주근층, 환상근층, 얇은 결체성 막구조 그리고 가장 안쪽의 상피층으로 구성되며, 근육층에는 다수의 혈관이 분포하고 있다.

이러한 구조가 밀집되어 구성된 난소외막은 휴지기 동안에는 얇고 불투명한 상태(Fig. 3, A)이지만 휴지기를 지나 난모세포의 발달이 시작되는 성장기부터 차츰 비후되기 시작한다(Fig. 3, B). 교미와 수정을 거치면서 난소외막은 근섬유의 비후와 근섬유 사이의 간격이 넓어지면서 더욱 두꺼워져서(Fig. 3, C), 임신 중기인 3월에는 그 두께가 최고에 달하게 된다(Fig. 3, D). 그후 4월말부터 임신말기까지 난소외막의 두께는 차츰 감소하여(Fig. 3, E), 자어출산전후(Fig. 3, F)에는 가장 얇아진 상태가 된다. 그러나 휴지기가

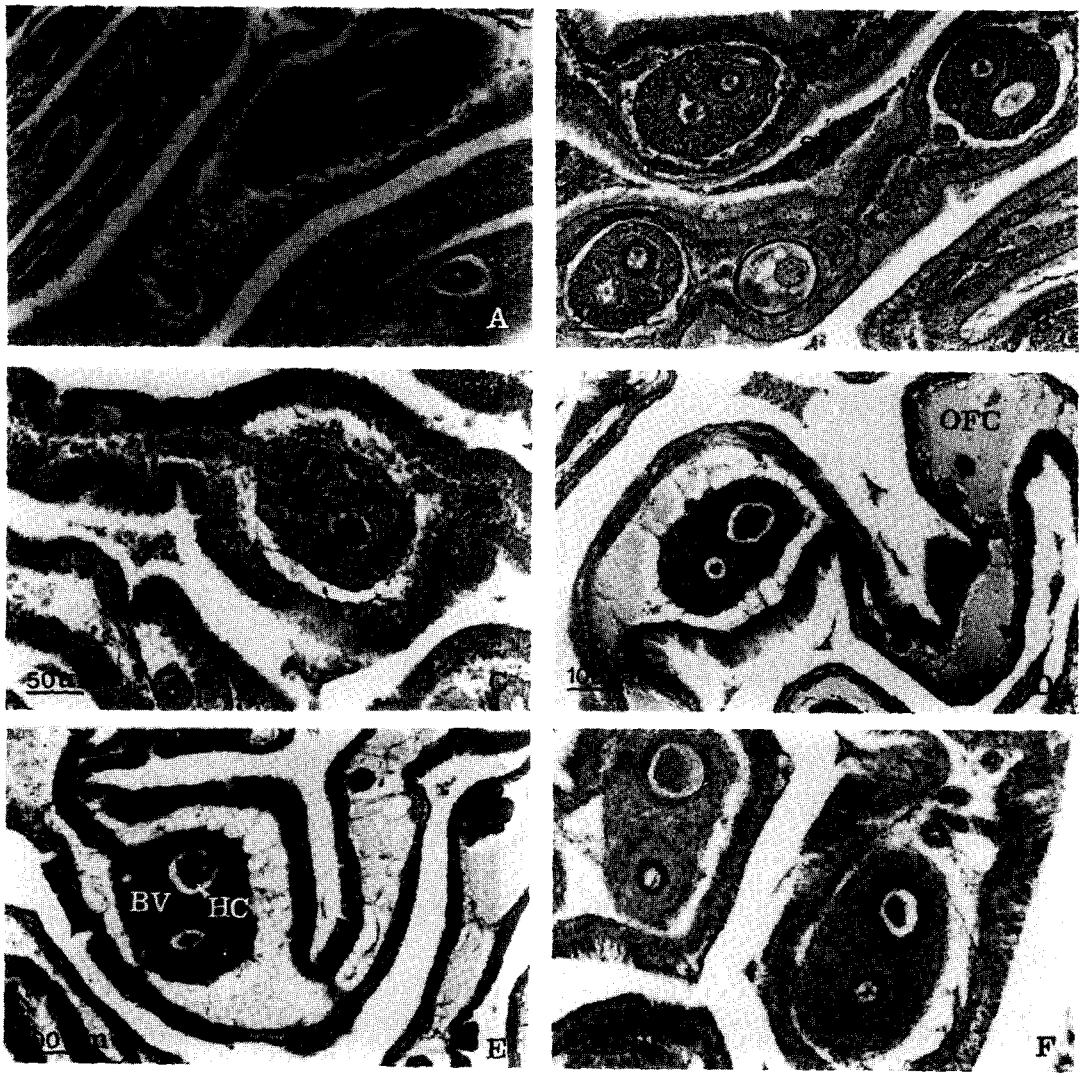

Fig. 5. Photomicrographs of changes in the blood vessel during the reproductive cycle of *Ditrema temmincki*. A, growing stage. ×200; B, after copulation. ×200; C, after fertilization. ×200; D, mid gestation stage. ×100; E, late gestation stage. ×100; F, after parturition. ×100. BV, blood vessel; HC, hemocyte; OFC, ovigerous fold cavity; SZ, spermatozoa.

시작되면서 난소외막은 차츰 두꺼워진 후 난모세포의 성장기까지 일정한 두께를 유지하게 된다.

난소외막의 가장 안쪽 상피층 세포들은 휴지기, 성장기 및 성숙기에는 세포의 크기가 작고 입방형이지만, 임신기 동안 그 형태는 원주형으로 바뀌면서 세포의 크기도 커진다. 임신말기에 원주형 상피세포는 크기가 감소하면서 다시 입방형으로 바뀌고, 그 후 뚜렷한 세포구분이 어렵게 된다.

난소습곡은 휴지기를 지나면서 습곡내강쪽의 결체조직상과 난소강쪽의 상피세포의 발달로 점차로 비후되기 시작한다 (Fig. 4, A). 하지만 교미와 수정시까지는 난소습곡의 내강이 뚜렷하게 구별될 정도로 팽창된 상태는 아니다 (Fig. 4, B). 임신초기 배발생이 진행됨에 따라 난소습곡은 점차로 비후되어 난소습곡내강의 구별이 명확해지고, 습곡의 상피세포들도 점차 뚜렷한 입방세포형을 나타낸다 (Fig. 4, C). 배발달이

진행됨에 따라 난소습곡은 더욱 팽창되고 난소습곡 내강에는 Mallory염색에서 청색으로 반응하는 액상물질이 충만하게 되는데 (Fig. 4, D), 체내자어의 소화관 내강에서도 이러한 물질들이 검출된다. 또한 난소습곡상피세포들은 점차로 원주형으로 바뀌면서 분비활성을 나타내는 세포형태를 갖추게 된다 (Fig. 4, E).

이러한 양상은 더욱 진전되어 임신후기인 4월말경에는 난소습곡내강에 액상물질의 증가로 난소습곡의 팽창정도는 최고에 달하게 되고, 난소습곡의 상피세포는 극도로 신장된 원주형을 나타낸다 (Fig. 4, F). 그러나 임신말기로 가면서 이러한 발달상황은 점차로 감소하여 자어출산후 휴지기로 들어가면서 원래의 상태로 회복된다.

난소외막과 난소습곡의 변화와 함께 난소습곡 내부의 혈관도 생식주기에 따라 그 팽창정도가 바뀌게 된다. 휴지기 (Fig. 5, A)에는 그 팽창정도가 미비하던것이 난모세포의 발달과 함께 혈관은 차츰 팽창되기 시작한다. 교미후 난소강내 정자 잠복시기 (Fig. 5, B)와 배발생 초기 (Fig. 5, C)에는 혈관은 근조직들이 점차 치밀해지면서 더욱 팽창된다. 임신중기 (Fig. 5, D)와 말기 (Fig. 5, E)에 걸쳐 혈관의 근조직들이 아주 치밀하게 구성되면서 혈관의 급격한 팽창과 함께 혈관내의 혈구수도 증가된 양상을 보인다. 이러한 양상은 출산직전 (Fig. 5, F)에 최고에 달하고, 그후 휴지기로 들어가면서 점차 원래의 상태를 유지하게 된다.

고 찰

척추동물의 번식법은 체내수정과 체외수정에 따른 태생 (viviparity), 난태생 (ovoviviparity) 및 난생 (oviparity)으로 대별할 수 있다. 태생 및 난태생과 난생은 우선 암컷의 생식세포 및 胚의 출산상태 그리고 胚의 모체 의존도에 의하여 각각 구별된다.

일부에서는 태생과 난태생을 placental and aplacental live-bearers로서 구분하지만 이것은 사실상 적합하지 않다. 왜냐하면 모체와 胚사이의 영양분 수송은 extra-embryonic membrane의 부재와 배와 모체사이의 연결 고리가 없이도 이들 사이에서 영양분 수송이 가능하기 때문이다 (Blackburn, 1982).

망상어, *Ditrema temmincki*는 aplacental live-bearers 형태의 태생이며, 임신기간은 약 6개월 정도이다. 이 기간 동안 체내자어는 모체내에서의 영양적 적응이 필요하며, 또 한편으로는 생리적인 적응과 모체내의 난소강으로 부터 해수의 외부환경으로 출산에 대처하기 위한 환경적 적응이 진행되어야 할 것이다.

난황흡수 완료시기인 전장 6.0 mm 부터 전장 60.0 mm 사이에 체내자어는 373.76 mg의 건중량 증가를 보였는데, 이러한 결과는 난황흡수후 성장에 필요한 영양분은 모체로 부터 공급 받게됨을 간접적으로 나타내는 것이라 하겠다.

이러한 모체로 부터의 영양공급을 간접적으로 나타내는 임신기 동안 체내자어의 건중량은 *Clinus superciliosus*는 8,430%, *Cymatogaster aggregata*는 24,000%, *Embiotoca lateralis*는 24,000%, *Heterandria formosa*는 3,900%, *Poeciliopsis turneri*는 1,840%, *Zoarces viviparus*는 1,100%의 증가를 보였으며 (Wourms, 1981), *Anableps anableps*는 298,000%, *A. dowi*는 843,000%의 증가를 보였다 (Knight et al., 1982). 그리고 *Ameca splendens*는 0.21 mg에서 31.70 mg으로, *Goodea atripinnis*는 0.25 mg에서 3.15 mg으로 건중량의 증가를 보였다 (Lombardi and Wourms, 1988).

망상어 체내자어는 임신기 동안 체액삼투압의 계속적인 증가를 보여, 출산전인 전장 64.0 mm에는 체액삼투압이 796.8 mOsmol/kg로 증가하였는데, 이는 해수의 삼투압 882.0 mOsmol/kg과 비교하여 근접한 값이라 할 수 있겠다. 이처럼 체내자어의 체액삼투압이 증가하는 현상은 체내자어가 모체내의 난소강으로 부터 해수의 외부환경으로의 출산에 대처하기 위한 환경적 적응 가운데 삼투적 적응현상으로 생각된다.

태생 경골어류 가운데 임신기 동안 체내자어의 영양 및 물리적 적응을 위한 모체 난소 내부조직상의 변화양상은 종에 따라 다소간의 차이가 있고 이러한 변화의 원인은 생리적 주요인에 기인된다고 할 수 있으며 다음과 같은 예를 들 수 있다.

*Xiphophorus helleri*는 생식주기에 따라 난소 내부구조의 변화가 뚜렷한데 특히, 임신기 동안 난소외막은 체내자어의 성장으로 인해 얇게 신장되며, 배란전 여포세포는 입방형으로 되고 수정후에는 원주형으로 바뀌면서 분비 활성을 보이고, 임신기 동안 혈관의 팽창이 보고되고 있다 (Bailey, 1933).

*Neotoca bilineata*에서도 생식주기에 따라서 난소외

막, 난소습곡과 습곡상피, 난소내 혈관조직등이 변화를 보인다. 난소외막의 두께는 휴지기에 비해 체내자어의 출산직전에는 그 두께가 약 1/10로 줄어들며, 난소습곡의 팽창은 임신 2/3시기인 체내자어의 크기가 6.0 mm 시기에 최고에 달하며, 습곡상피의 발달도 임신 2/3시기에 최고에 달하고, 임신 말기인 체내자어의 크기가 9.0 mm 시기에는 난소습곡의 팽창정도와 습곡상피의 발달은 현저히 감소된 상태이다. 그리고 휴지기 동안에는 미발달 상태를 보이던 혈관조직은 임신기간 동안 상당히 발달된 상태를 보인다. 이러한 난소내부조직상의 변화 가운데 난소습곡과 습곡상피의 발달은 분비활성과 연관하여 체내자어의 영양적 적응과 물리적 완충제로서 고찰하였으며, 혈관조직의 발달은 호흡과 관련한 가스교환의 기능수행으로 보고하고 있다 (Mendoza, 1940).

*C. aggregata*에서는 배란과 수정전에는 난소습곡의 팽창이 현저하지만 임신기 동안 이러한 현상이 점차로 감소한다. 이러한 현상은 체내자어의 발달이 시작되기전 난소상피의 영양물질 축적과 임신기 동안 체내자어에 영양공급 때문으로 보고하고 있다. 또한 수정전 난소강내의 정자가 잠복되어 있는 부위의 난소습곡상피는 팽창되지 않는데, 이러한 것은 정자의 난소강내 잠복을 유리하게 하기 위한 적응현상으로 고찰하고 있다 (Gardiner, 1978).

망상어 암컷의 난소강액이 임신시기가 경과되면서 늘어나는것은 생리적 영양적 측면에서도 중요한 역할을 하지만 물리적인 측면에서도 중요한 역할을 하는 것으로 생각된다. 우선 체내자어가 난소강내에서 미묘하게나마 움직이는데 도움을 주며, 또한 외부충격을 완화시키는 완충작용을 하며, 난소강내 환경의 온도를 일정하게 유지시키는 작용을 하게 되는 것으로 생각된다.

난소외막의 변화는 난소의 형태유지로 난소강액의 증가에 의한 팽압유지와 외부의 물리적 충격완화기능을 하며, 난소 습곡조직상의 변화는 체내자어의 영양적 적응과 물리적 완충제 역할을 하며, 혈관의 팽창과 혈관내의 혈구수의 증가는 모체내에서 생성된 영양분의 수송이라는 측면에서의 기능수행과 함께 호흡 및 가스교환과 관련된 일종의 환경적 적응현상이라고 할 수 있겠다.

요 약

태생 경골어류 망상어, *Ditrema temmincki*의 임신기 동안 체내자어는 건중량과 체액삼투압의 증가를 나타냈으며, 모체는 난소강액의 증가와 함께 난소 내부조직상의 현저한 변화를 나타냈다.

체내자어는 난황흡수 완료시기인 전장 6.0 mm 부터 전장 60.0 mm 사이에 373.76 mg의 건중량 증가를 나타냈으며, 체액삼투압은 출산직전인 전장 64.0 mm에는 796.8 mOsmol/kg으로 나타났다.

모체의 난소외막은 수정 이후 뚜렷히 비후되기 시작하여 임신중기인 3월에 가장 비후되고, 난소습곡은 임신후기인 4월말에 가장 팽창되며, 혈관의 팽창 및 혈구의 증가는 출산직전에 최고에 달한다.

이와같은 변화양상은 임신기 동안 체내자어와 모체의 영양·환경적 적응현상을 의미하는 것이라 하겠다.

참 고 문 헌

Bailey, R. J. 1933. The ovarian cycle in the viviparous teleost, *Xiphophorus helleri.* Biol. Bull., 64, 206~225.

Blackburn, D. G. 1982. Classification of the reproductive modes of vertebrates. Am. Zool., 22, 910.

De Vlaming, V., D. Baltz, S. Anderson, R. Frrzgerald, G. Delahunty and M. Barkley. 1983. Aspects of embryo nutrition and excretion among viviparous embiotocid teleost: potential endocrine involvements. Comp. Biochem. Physiol., 76A (1), 189~198.

Gardiner, D. M. 1978. Cyclic changes in fine structure of the epithelium lining the ovary of the viviparous teleost, *Cymatogaster aggregata* (Perciformes: Embiotocidae). J. Morph., 156, 367~380.

Ingermann, R. L. and R. C. Terwilliger. 1981a. Oxygen affinities of maternal and fetal hemoglobins of the viviparous seaperch, *Embiotoca lateralis.*

J. Comp. Physiol., 142, 523~531.

Ingermann, R. L. and R. C. Terwilliger. 1981b. Intraerythrocyte organic phosphates of fetal and adult seaperch (*Embiotoca lateralis*): Their role in maternal-fetal oxygen transport. J. Comp. Physiol., 144, 253~259.

Ingermann, R. L. and R. C. Terwilliger. 1982. Blood parameters and facilitation of maternal-fetal oxygen transfer in a viviparous fish (*Embiotoca lateralis*). Comp. Biochem. Physiol., 73A, 497~501.

Knight, F. M., J. Lombardi and J. P. Wourms. 1982. Follicular placenta and embryonic growth of the viviparous four-eyed fish, *Anableps*. Am. Zool., 22, 881.

Lee, J. S. and T. Y. Lee. 1989. Reproductive cycle and embryonic development within the maternal body of viviparous teleost, *Ditrema temmincki* (Bleeker). Bull. Nat'l Fish. Univ. Pusan, 29, 37~51 (in Korean).

Lombardi, J. and J. P. Wourms. 1988. Embryonic growth and trophotaenial development in goodeid fishes (Teleostei: Atheriniforms). J. Morph., 197, 193~208.

Mendoza, G. 1940. The reproductive cycle of the viviparous teleost, *Neotoca bilineata*, a member of the family Goodeidae. II. The cyclic changes in the ovarian soma during gestation. Biol. Bull., 78, 349~365.

Turner, C. L. 1938. Histological and cytological changes in the ovary of *Cymatogaster aggregatus* during gestation. J. Morph., 62, 351~368.

Webb, P. W. and J. R. Brett. 1972a. Respiratory adaptations of prenatal young in the ovary of two species of viviparous seaperch, *Rhacochilus vacca* and *Embiotoca lateralis*. J. Fish. Res. Board Can., 29, 1525~1542.

Webb, P. W. and J. R. Brett. 1972b. Oxygen consumption of embryos and parents, and oxygen transfer characteristics within the ovary of two species of viviparous seaperch, *Rhacochilus vacca* and *Embiotoca lateralis*. J. Fish. Res. Board Can., 29, 1543~1553.

Wourms, J. P. 1981. Viviparity: The maternal-fetal relationship in fishes. Am. Zool., 21, 473~515.

Wourms, J. P. and J. Lombardi. 1985. Prototypic trophotaeniae and other placental structure in embryos of the pile perch, *Rhacochilus vacca* (Embiotocidae). Am. Zool., 25, 95A.

1995년 7월 20일 접수
1996년 1월 13일 수리