

소라, *Batillus cornutus*의 난소구조 및 난자형성과정

정귀권, 박정준¹, 주선미¹, 진영국¹, 이정식¹

완도수산고등학교, ¹전남대학교 수산해양대학 수산생명의학과

Ovarian Structure and Oogenesis of the Spiny Top Shell, *Batillus cornutus* (Lightfoot, 1786) (Gastropoda: Turbinidae)

Gui Kwon Jung, Jung Jun Park¹, Sun Mi Ju¹, Young Guk Jin¹ and Jung Sick Lee¹

Wando Fisheries High School, Wando, 537-801, Korea

¹Department of Aqualife Medicine, Chonnam National University, Yeosu, 550-749, Korea

ABSTRACT

The ovarian structure and ultrastructural changes in germ cells during oogenesis of the spiny top shell, *Batillus cornutus*, have been investigated by light and electron microscopic observations. Specimens of the spiny top shell were collected from the subtidal zone of Wando, south coast of Korea. Spiny top shell was dioecious. The ovary was located on the surface of the hepatopancreas in the spiral posterior region. The ovary had greenish color in the gonadal mature season. The ovary comprised many ovarian lobules, and the ovarian lobule consisted of connective mesenchymal tissue and epithelial cells. Oogonium had a large nucleus with nucleolus of high electron density. In previtellogenic oocyte, small yolk granules of low electron density were scattered in the cytoplasm. Oocytes in the initial vitellogenic stage were connected with the ovarian lobule by egg stalk. The result of TEM observations showed that initial vitellogenic oocyte contained well-developed Golgi complex, endoplasmic reticula, tubular mitochondria and numerous yolk granules of various electron densities and sizes. The electron density, size and quantity of yolk granules which were distributed in the active vitellogenic oocyte were increased compared to the previous stage. Thickness of egg envelope in the late active vitellogenic oocyte was approximately 4.4 μ

m. Cytoplasm of ripe oocyte was filled with proteid yolk globules of high electron density and lipid yolk globules of low electron density. In this stage, the thickness of egg envelope was approximately 6.5 μm.

Keywords: *Batillus cornutus*, Ovarian structure, Oogenesis, TEM

서론

소라 속 (*Batillus*) 은 연체동물 문 (Mollusca), 복족 강 (Gastropoda), 전세 아강 (Prosobranchia), 원시복족 목 (Archaeogastropoda), 소라 과 (Turbinidae) 에 속하며 태평양, 인도양, 대서양 등의 온대해안으로부터 열대해안에 걸쳐 광범위하게 분포하고 있다. 그 중 소라, *Batillus cornutus*는 우리나라 동해 남부와 남해안 및 제주도 연안 일대와 일본의 남부 연안 그리고 중국의 황해 연안 등지의 암초성 해안에 서식하고 있는 정착성 복족류로서 (NFRDI, 1999), 전복과 더불어 우리나라의 중요한 식량자원으로 이용되고 있어 산업적으로도 매우 중요한 위치에 있다.

수서동물의 생식세포 형성과정이나 미세구조에 관한 연구는 이들의 계통유연 관계를 설명하는데 중요한 자료를 제공하며, 이들 생물의 양식 산업에 중요한 정보를 제공할 수 있다.

복족류의 생식생태와 난모세포의 발달에 관한 연구는 *Bolinus brandaris* (Amor et al., 2004) 를 비롯하여 우리나라에서도 전복류, *Haliotis* (Lee, 1974), 구멍밤고둥, *Chlorostoma argrostoma turbinata* (Kim et al., 1996), 대수리, *Reishia (Thais) clavigera* (Lee, 1999), 눈알고둥, *Lunella coronata coreensis* (Lee, 2000), 보말고둥, *Omphalius rusticus* (Lee, 2001), 꽃채다슬기, *Semisulcospira gottschei* (Chang, 2002), 피뿔고둥, *Rapana venosa* (Chung et al., 2002), 서해비단고둥,

Received October 13, 2007; Accepted December 12, 2007
Corresponding author: Park, Jung Jun
Tel: +82 (61) 659-3172 e-mail: jungjun515@hanmail.net
1225-3480/23207
© The Malacological Society of Korea

Umbonium thomasi (Lee, 2002), 다슬기, *Semisulcospira libertina libertina* (Kim, 2004) 등에 관한 보고가 있다.

소라에 관해서는 생식주기 (Lee, 1980) 와 제주도 해역에서 서식하는 개체군의 생식주기 (Lee, 1983) 및 인공종묘생산에 관하여 보고되어 있으나 (Lee and Lee, 1979), 난모세포의 발달에 관한 전자현미경적 연구는 찾아보기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 소라의 난소구조와 난자형성과정을 기재하여 이를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구에 사용한 소라는 2005년 2월부터 6월까지 전라남도 완도군 청산면 모도리 연안 (34° 11'39"N, 126° 46'13"E) 에서 다이버에 의해 채집하였다. 실험에 사용된 소라는 각각 9 cm 내외의 성체였다. 채집된 재료는 크기를 측정 한 후, 패각을 제거하고 외부강 기관계의 형태를 기재한 후 암컷만을 구분하여 난소 부위를 고정하였다.

광학현미경 관찰용 조직표본의 제작은 시료를 Bouin 용액에 고정하여 파라핀 절편법에 의해 4-6 μm 두께로 연속 절편하여 Mayer's hematoxylin과 0.5% eosin (H-E) 비교염색과 Masson 삼중염색, PAS 반응, AB-PAS (pH 2.5) 반응, AB (pH 1.0) 반응과 AF-AB 반응을 실시하였다. 그리고 점액 세포의 염색 친화도는 Pantone Formula Guide (Pantone Inc., USA) 를 기준으로 판정하여, 고유번호를 괄호 안에 표시하였다.

투과전자현미경 (TEM) 조직표본 제작은 0.1 M phosphate buffer (pH 7.2) 로 완충시킨 2.5% glutaraldehyde 용액으로 4℃에서 2-4 시간 동안 전고정하였으며, 1% osmium tetroxide로 4℃에서 2-4 시간 동안 후고정한 후, 0.1 M

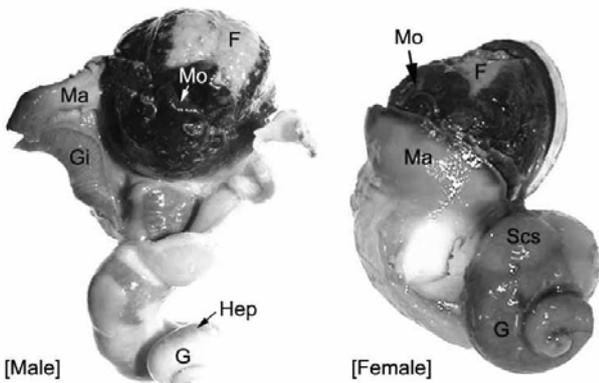


Fig. 1. External morphology of the mantle cavity organs of the spiny top shell, *Batillus cornutus*. F, foot; G, gonad; Gi, gill; Hep, hepatopancreas; Ma, mantle; Mo, mouth; Scs, spiral caecum stomach.

phosphate buffer로 세척하고 ethanol로 단계별 탈수하여 Epon 812에 포매하였다. 그리고 두께 약 70 nm의 ultrathin section을 제작하여 TEM (JEM-1200EXII, JEOL) 으로 관찰하였다.

세포의 크기 및 난막의 두께를 측정하기 위하여 화상분석장치 (IMT, Visus, USA) 를 사용하였다. 각 부위를 화상분석장치를 이용하여 측정 한 횟수는 난모세포의 크기는 15-20 회였고, 난막의 두께는 60-70 회였다.

결 과

1. 난소구조

패각을 제거한 후, 육안으로 관찰한 소라의 생식소는 육질부의 후반부부터 꼬리돌기 끝까지 간체장 (hepatopancreas) 의 외측을 싸고 발달되어 있었다. 조직학적인 관찰 결과, 소라는 자웅이체였다. 성숙 초기에 암컷은 황녹색, 수컷은 황백색을

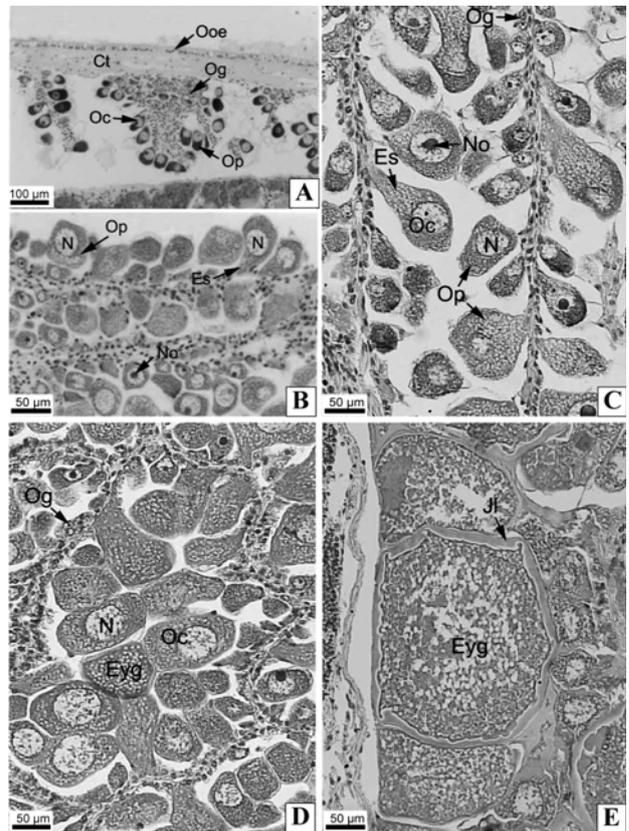


Fig. 2. Ovarian developmental phases of the spiny top shell, *Batillus cornutus*. A: Inactive stage; B: Early active stage; C, D: Late active stage; E: Ripe stage. Ct, connective tissue; Es, egg stalk; Egg, eosinophilic yolk granules; JI, jelly layer; N, nucleus; No, nucleolus; Oc, oocyte; Og, oogonium; Ooe, outer ovarian envelope; Op, ooplasm.

떠나 완숙기의 암컷은 암청색 또는 녹색, 수컷은 유백색을 나타냈다 (Fig. 1).

생식소의 외부는 얇은 외막으로 덮여 있었는데, 이들 외막은 외부의 상피층과 내부의 결합조직층으로 이루어져 있었다. 상피층은 단층으로 원주형 상피세포들과 다수의 점액세포들로 구성되어 있었다. 점액세포들은 난형으로 Hematoxylin-Eosin (H-E) 염색과 Masson 삼중염색에서는 공포상을 나타냈다. PAS (periodic acid-Schiff) 반응에서는 양성으로 반응하여 적자색 (236 c) 을 나타냈으며, AB-PAS (alcian blue-PAS, pH 2.5) 반응에서는 alcian blue에 양성으로 반응하여 푸른색 (2727 c) 을 나타냈다. 그리고 AB (pH 1.0) 와 AF-AB (aldehyde fuchsin-alcian blue) 반응에서도 각각 푸른색 (2708 c, 2718 c) 으로 반응하였다. 상피세포층의 바로 밑에는 Masson 삼중염색에서 청색을 나타내는 교원섬유와 적색을 나타내는 근섬유가 치밀하게 분포된 결합조직층을 이루고 있었다. 이 결합조직층은 난소의 성숙 상태에 따라 두께가 얇아졌다.

난소의 내부 구조는 다수의 난소소엽 (ovarian lobule) 으로 이루어져 있었다 (Fig. 2A). 난소소엽은 난소 외막으로부터 시작되며, 결합섬유와 근섬유 및 상피세포들로 구성된 결체조직으로 이곳으로부터 난원세포들이 발달되었다 (Fig. 3A). 난소소엽에서 관찰되는 상피세포들은 편평 상피세포와 입방형 상피세포로 구분되는데, 입방형 상피세포의 경우에는 잘 발달된 조면소포체들이 세포질의 대부분을 차지하고 있었다 (Fig. 3B).

2. 난자형성과정

난소의 발달 단계는 난모세포의 발달 정도와 이들의 분포 정도에 따라 비활성기 (inactive stage), 초기활성기 (early active stage), 후기활성기 (late active stage), 완숙기 (ripe stage), 방출 및 퇴화기 (spent and degenerative stage) 로 구분할 수 있었다.

소라의 난자 형성과정은 광학현미경과 투과전자현미경 조직 표본 관찰을 통하여 세포의 크기, 핵의 비율, 핵과 세포질, 염색성, 난황과립의 염색성 및 분포정도, 난막 발달 상태 등에 따라 난원세포기 (oogonial stage), 난황형성 전기 (previtellogenic stage), 난황형성 개시기 (initial vitellogenic stage), 난황형성 활성화기 (active vitellogenic stage), 완숙기 (ripe stage) 의 다섯 단계로 구분하였다.

1) 난원세포기 (Oogonial stage)

광학현미경 상에서, 난원세포들은 난소 발달 단계 가운데 주로 비활성기의 난소에서 관찰할 수 있었다. 난원세포들은 원형으로 난소소엽 근처에 주로 분포하며, 핵이 대부분을 차지하고 있는데 세포질은 강한 호염기성을 나타내었다 (Fig. 2A).

투과전자현미경 관찰 결과, 난원세포는 직경 10 μm 내외의 원형이었다. 핵의 크기는 직경 약 7.2 μm 이었으며, 핵질은 미세한 과립상의 이형염색질이 대부분을 차지하고 있었고, 세포질에서는 소수의 미토콘드리아를 관찰할 수 있었다 (Fig. 3A).

2) 난황형성전기 (Previtellogenic stage)

난황형성 전기의 난모세포들은 주로 비활성기와 초기활성기의 난소에서 관찰할 수 있었다. 이 시기의 난모세포 크기는 직경 약 35 μm 이었다. H-E 염색 결과, 세포질은 hematoxylin에 반응하는 호염기성을 나타냈으며, 핵이 차지하는 비율이 난원세포에 비하여 감소하였다. 핵 내에서는 염기성 염료에 반응하는 인을 관찰할 수 있었다 (Fig. 2B).

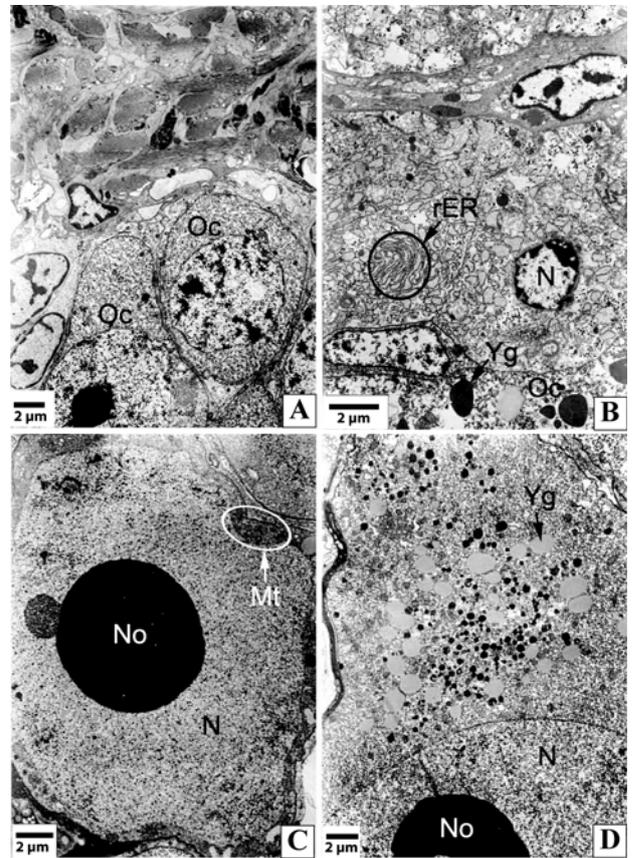


Fig. 3. Ultrastructure of oogonium and early oocyte of the spiny top shell, *Batillus cornutus*. **A:** Egg stalk region. Section showing the oocyte and ovarian lobule with well-developed muscle fibers and microfilaments; **B:** Ovarian lobule epithelium; **C:** Ultrastructure of previtellogenic oocyte; **D:** Oocyte of initial vitellogenic stage. Mt, mitochondrion; N, nucleus; No, nucleolus; Oc, oocyte; rER, rough endoplasmic reticulum; Yg, yolk granule.

투과전자현미경 표본에서 난황형성전기의 난모세포는 핵 내에 전자밀도가 높은 인을 가지며, 핵질에는 이형염색질이 미세한 과립 모양으로 고르게 분포하였다. 세포질에는 일부 미토콘드리아와 조면소포체들이 분포하고 있었다 (Fig. 3C).

3) 난황형성 개시기 (Initial vitellogenic stage)

광학현미경 상에서, 초기활성기의 난소에서 주로 관찰되는 난모세포들은 난병 (egg stalk) 을 난소소엽에 부착한 채 중앙 내강을 향해 발달하는 양상을 보였다. 이 시기의 난모세포들의 크기는 직경 48 μm 정도의 타원형이었으며, 핵 내의 핵막 부위에는 다수의 인이 관찰되었고, 세포질은 크게 양적 증가를 보였다. H-E 염색에서 eosin에 반응하는 일부 호산성과립들과 공포상의 과립들이 혼재하여 나타났다 (Fig. 2C).

투과전자현미경 관찰 결과, 핵막은 이중막의 구분이 뚜렷하였다. 세포질에서는 0.5 μm 내외의 전자밀도가 높은 원형의 단백질성 난황과립과 상대적으로 전자밀도가 낮은 직경 1.1 μm 내외의 지질 성분의 난황과립들이 관찰되었으며 (Fig. 3D), 잘 발달된 골지체 다발과 매우 작은 소포체 단위인 미소체들과 관상의 미토콘드리아들이 발견되었다 (Fig. 4A).

4) 난황형성 활성화기 (Active vitellogenic stage)

후기활성기의 난소에서 주로 볼 수 있는 난황형성 활성화기의 난모세포들은 직경 64 μm 내외의 난형으로 핵의 수질부에서 다수의 인이 관찰되며, 세포질은 호산성의 난황과립과 공포상의 과립들로 채워져 있었다 (Fig. 2D).

투과전자현미경 상에서 후기 난황형성 활성화기 난모세포의 세포질에 분포하는 난황 과립들은 크기와 수가 전 단계에 비해

훨씬 증가되었고 (Fig. 4B), 이중막 구조를 나타내는 핵막에는 핵공이 뚜렷하게 관찰되었으며 (Fig. 4C), 핵막 근처의 세포질에서는 잘 발달된 미토콘드리아와 다수의 조면소포체들이 출현하였다 (Fig. 4D). 후기 난황형성 활성화기 난모세포에서는 난황과립의 막이 뚜렷하게 세포질 내에서 관찰되었다. 이 시기에 난막은 두께 450 nm 내외의 세포질 쪽의 전자밀도가 높은 부분, 두께 약 3.6 μm 의 전자밀도가 낮은 중간 부분 그리고 두께 약 340 nm의 전자밀도가 가장 낮은 바깥 부분으로 구분할 수 있었다 (Fig. 5A).

5) 완숙기 (Ripe stage)

광학현미경 관찰에서 후기활성기와 성숙기의 난소에서 주로 관찰할 수 있는 완숙 난모세포들은 직경이 대략 200 μm 로서 세포질의 양적 증가가 최대로 이루어지며, 수많은 호산성 난황과립들과 일부 공포상의 난황구들이 세포질을 가득 채우고 있었다. 핵은 처음에는 중심에서 관찰이 가능하였으나 차차 한쪽으로 치우쳐 관찰되었으며, 타원형이던 핵이 불규칙한 모양으로 관찰되었다 (Fig. 2E).

투과전자현미경 표본에서 완숙 난모세포들의 세포질은 전자밀도가 높은 단백질성의 난황구와 소수의 전자밀도가 낮은 지질 성분의 난황구들로 채워져 있었다 (Fig. 5B). 이 시기에도 난막은 난황형성 활성화후기의 난모세포에서와 마찬가지로 전자밀도가 다른 세 부분으로 구분할 수 있었는데, 각각의 두께는 세포질 쪽에서부터 약 440 nm, 약 5.3 μm , 약 740 nm로써 난황형성 활성화 후기의 난모세포들의 난막에 비해 중간부분과 바깥부분이 다소 증가하였다 (Fig. 5C).

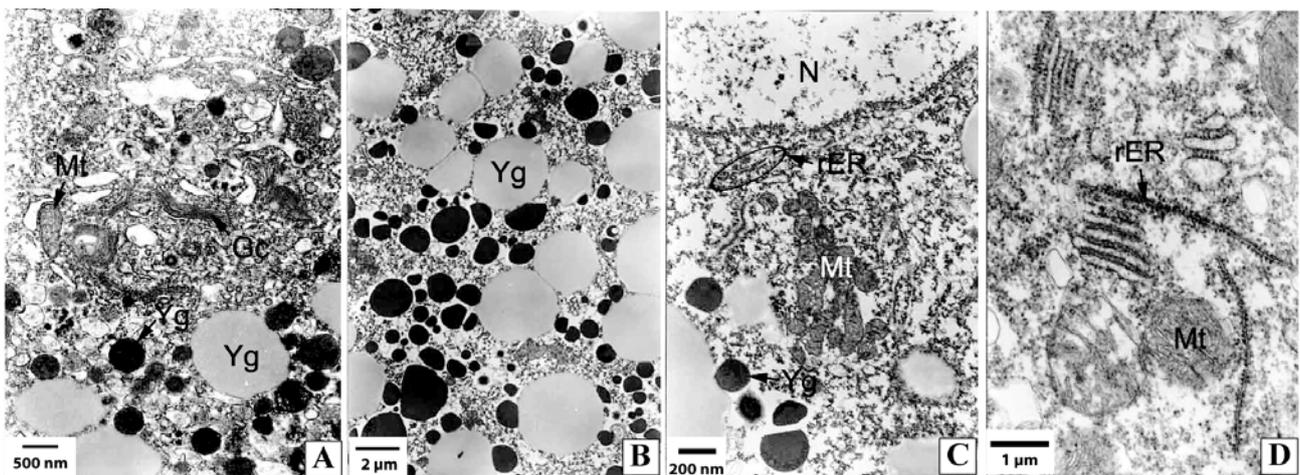


Fig. 4. Ultrastructure of initial and active vitellogenic oocyte of the spiny top shell, *Batillus cornutus*. **A:** Oocyte of initial vitellogenic stage; **B:** Yolk granules (Yg) of active vitellogenic oocyte; **C:** Nuclear membrane and intracellular organs of active vitellogenic oocyte; **D:** Tubular system of rough endoplasmic reticulum (rER) and mitochondrion (Mt) of active vitellogenic oocyte. Gc, Golgi complex; N, nucleus.

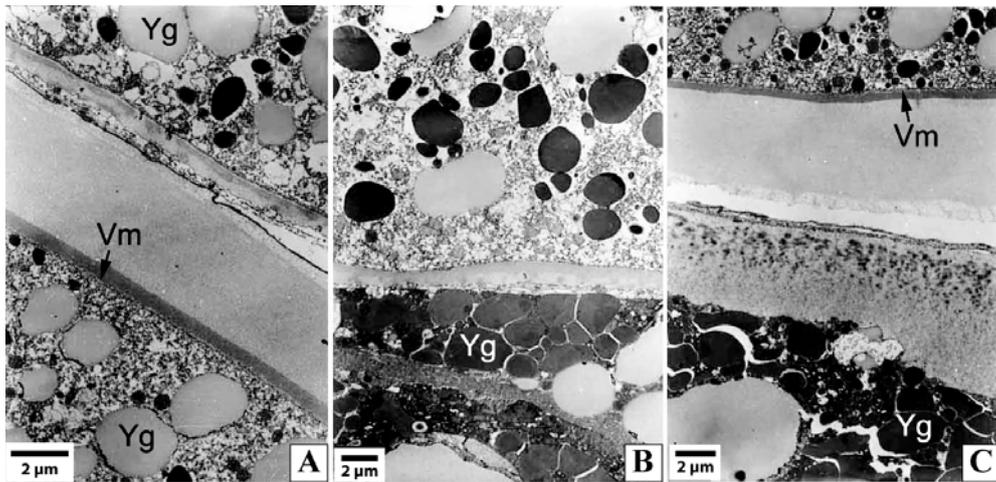


Fig. 5. Ultrastructure of the active vitellogenic and ripe oocyte of the spiny top shell, *Batillus cornutus*. **A:** Oocyte envelope of active vitellogenic stage; **B:** Yolk granules (Yg) of ripe oocyte; **C:** Oocyte envelope of ripe stage. Vm, vitelline membrane.

고찰

난소는 난모세포의 생산과 생식호르몬을 분비하는 중요한 기관으로서 이들의 해부학적 특성과 구조는 분류군에 따라 차이가 있다. 소라의 성은 자웅이체이며, 생식소는 폐각 내 나선상의 간체장을 싸고 후부 끝까지 연장되어 있었다. 난소는 다수의 난소소엽(ovarian lobule)으로 이루어져 있었다. 이와 같은 소라의 난소구조는 구멍뱀고둥, *Chlorostoma argrostoma turbinata* (Kim *et al.*, 1996), 대수리, *Reishia (Thais) clavigera* (Lee, 1999), 보말고둥, *Omphalius rusticus* (Lee, 2001), 꽃체다슬기, *Semisulcospira gottschei* (Chang, 2002) 등의 복족류와 유사하였다.

소라의 난원세포는 난소소엽의 벽에서 발달하며, 난원세포는 성장하면서 내강 쪽으로 돌출되어 난병에 의해 매달려지는데, 이러한 난병 구조는 복족류에서는 전복류, *Halotis* (Lee, 1974), 대수리, *Reishia (Thais) clavigera* (Lee, 1999), 보말고둥, *Omphalius rusticus* (Lee, 2001), 눈알고둥, *Lunella coronata coreensis* (Lee, 2000), 서해비단고둥, *Umbonium thomasi* (Lee, 2002), 피뿔고둥, *Rapana venosa* (Chung *et al.*, 2002), 다슬기, *Semisulcospira libertina libertina* (Kim, 2004)에서도 보고된 바 있다. 난병 구조는 이매패류인 *Anodonta* (Beams and Sekhon, 1966), 새조개, *Fulvia mutica* (Chang and Lee, 1982), 대수리, *Reishia (Thais) clavigera* (Lee, 1999), 피뿔고둥, *Rapana venosa* (Chung *et al.*, 2002), 대복, *Gomphina veneriformis* (Park *et al.*, 2003)에서도 보고되었다.

이처럼 많은 복족류와 이매패류 연체동물에서 보고된 난병

은 난모세포의 부착 및 지지기능 뿐만 아니라 난모세포의 외재적 난황축적(exogenous vitellogenesis)과 밀접한 관계가 있다(Beams and Sekhon, 1966).

난자 형성과정의 세부적인 단계 구분은 연구자에 따라 다소 다르다. 대수리에서는 광학현미경적 기준으로 oogonium, early growing oocyte, mature oocyte 및 ripe oocyte의 4 단계로 구분되었다(Lee, 1999). 뿔소라과(Muricidae)에 속하는 피뿔고둥의 경우에는 전자현미경적 기준을 통하여 oogonium, previtellogenic oocyte, early vitellogenic oocyte, late vitellogenic oocyte 및 mature oocyte의 5 단계로 구분되었다(Chung *et al.*, 2002). 그리고 뿔소라과의 *Bolinus brandaris*에서는 premeiosis, meiosis, vitellogenesis, mature oocyte의 4 단계로 구분되었다(Amor *et al.*, 2004).

본 연구에서 소라의 난자 형성과정은 난원세포기(oogonial stage), 난황형성 전기(previtellogenic stage), 난황형성 개시기(initial vitellogenic stage), 난황형성 활성화기(active vitellogenic stage), 완숙기(ripe stage)의 5 단계로 구분하였다. 하지만 본 연구에서 난자 형성과정 가운데 광학현미경적 기준에서 난황 형성전기의 난모세포들은 전자현미경 관찰 결과, 세포질에 난황과립들의 분포가 일부 관찰되었는데, 이러한 차이는 추후 난모세포의 발달과정을 구분함에 있어서 충분히 고려되어야 할 사항으로 판단된다.

난자 형성과정 동안 뚜렷한 조직학적 특징 가운데 하나는 세포질에 난황물질의 축적인데, 난모세포의 난황 축적 방법은 난황전구물질의 기원 부위에 따라 외재적 난황 축적과 내재적 난황 축적(endogenous vitellogenesis)으로 구분된다. 난모세

포 발달과정에서 난황축적과 관련 있는 구조로는 난병, 난막, 난황 핵, 인 및 조면소포체 등의 세포질 내 소기관 등이 있다. 이 가운데 난병과 난막은 난모세포의 외재적 난황축적과 밀접한 관계가 있으며, 난황핵과 인을 포함한 세포소기관들은 난모세포의 내재적 난황축적과 밀접한 관계가 있다 (Beams and Sekhon, 1966; Wallace and Selman, 1981).

외재적 난황축적 방법은 여포세포층과 난막 사이의 pore canal system을 통한 음세포작용 (pinocytosis) (Selman and Wallace, 1982a, 1982b, 1983, 1986) 과 난병을 통한 방법이 보고되었다. 난병에 의한 방법은 *Anodonta*에서 난병 부위에서부터 직경 250-300 Å의 미세소관들이 난모세포질까지 발달되어 난모세포의 부착 및 지지기능을 담당한다. 아울러 이 부위에서 난황 전구물질들이 관찰됨으로써 외부에서 합성된 난황전구물질이 난세포질 내로 이동되는 통로임이 보고되었다 (Beams and Sekhon, 1966).

내재적 난황축적은 인 (nucleolus) 과 Balbiani body를 비롯한 세포내 소기관에 의해 주로 이루어지는데 (Wallace and Selman, 1981), *Neomacheilus barbatus*에서는 난모세포 내부의 미토콘드리아와 multivesicular body가 관여한다 (Riehl, 1978).

원시복족 목 패류 난모세포의 난황 축적에 관하여 Eckelbarger and Young (1997) 은 난모세포의 난황 물질 축적은 비대성 여포세포와 관계가 있다고 하였는데, 이들은 세 가지 형태의 난황 형성 방법을 보고하였다. 첫째 조면소포체와 골지체의 결합 작용을 통한 세포질 내의 자가 합성 화합물의 형태와 둘째 명확하지는 않지만 미토콘드리아와 같은 다양한 미세구조에 의한 것, 마지막으로 endocytosis를 통한 타가합성 (heterosynthetic) 이다.

다슬기의 난모세포 발달과정에서 난병 및 난황막의 발달과 세포질 내에 조면소포체와 골지체 등의 세포소기관의 발달로 볼 때, 다슬기의 난모세포 내 난황축적은 외재적 방법과 내재적 방법에 의한 것으로 보고되었다 (Kim, 2004). 뿔소라과의 *Bolinus brandaris*의 경우에도 난황 축적 방법은 동일한 난모세포에서 동시에 여포세포에 의한 외재적 방법과 조면소포체에 의한 내재적 방법에 의한 다 (Amor et al., 2004). 백합, *Meretrix lusoria*의 경우에도 세포소기관들에 의한 내재적 방법과 난막의 미세융모를 통한 외재적 방법에 의하여 난황이 축적된다 (Chung and Kim, 2000).

소라의 난모세포 발달과정에서 외재적 난황 축적의 증거인 난병의 발달이 관찰되었으며, 내재적 난황 축적의 증거인 인과 세포소기관의 활성이 관찰되어 소라의 난모세포 내 난황 축적도 외재적 난황 축적 방법과 내재적 난황 축적 방법인 두 가지로 생각된다.

연체동물의 난모세포 발달과정 동안 나타나는 중요한 구조

적 특징 가운데 하나는 난막의 변화이다. 백합 (Chung and Kim, 2000)과 동족, *Mactra veneriformis* (Chung and Ryou, 2000) 은 후기 난황형성기 난모세포의 난황막에 미세융모가 존재하는데, 이들 미세융모를 통해 난황 형성 물질이 세포질 안으로 들어가서 난황이 축적된다고 보고하였다. 이들 미세융모의 길이는 민들조개, *Gomphina melanaegis* (Lee et al., 1999) 약 1 μm, 북방대합, *Spisula sachalinensis* (Lee et al., 2003) 약 0.5 μm 그리고 다슬기, 약 1.1 μm (Kim, 2004) 로 보고되었다.

체외수정을 위해 수중에 산란을 하게 되는 무척추동물의 경우 외부환경요인으로부터 난을 보호하기 위해 젤리층과 같은 겹겹의 막으로 난을 둘러싸고 있다 (Bolton et al., 2000). 이 매패류인 개랑조개, *Mactra chinensis* (Chung, 1997) 와 백합 (Chung and Kim, 2000) 의 성숙난에서 난황막이 관찰되었는데, 이들의 난황막은 젤리층으로 둘러싸여 있었다. 백합과 이매패류인 *Callista chione*의 경우에는 난모세포가 난황형성소낭에서 분리되면서 젤리층이 관찰되었다 (Metaxatos, 2004). 복족류인 *Tegula funebris*에서도 성숙한 난은 두께 250-260 μm의 젤리층으로 둘러싸여 있다고 보고된 바 있다 (Moran, 1997).

Hylander and Summers (1977) 는 정자 두부의 길이, 모양 그리고 첨체구조가 난모세포의 난막과 연관이 있다고 하였으며, Chang (2002) 은 다슬기류는 수정 시 두꺼운 난막의 젤리층을 쉽게 통과하기 위해서 정자의 첨체가 화살촉 모양을 하고 있는 것으로 추정하였다.

본 연구에서 소라의 완숙 난모세포에서 전체 난막의 두께는 6.5 μm 이고 젤리층의 두께는 약 5.3 μm로 조사되었는데, 이는 Jung et al. (2007) 에 의해서 보고된 소라 정자의 두부 길이가 약 4.8 μm에 비해 다소 두꺼운 결과를 보였다.

요 약

소라, *Batillus cornutus*의 난소구조와 난모세포 발달단계를 광학현미경과 투과전자현미경 (TEM) 을 이용하여 관찰하였다. 전라남도 완도군 연안에서 다이버에 의해 채집된 소라는 자웅이체로서 난소는 소화맹낭부에서 꼬리돌기 끝까지 간체장의 외측을 싸고 발달되어 있었으며, 성숙 시기에 난소는 녹색을 나타내었다. 난소의 내부 구조는 다수의 난소소엽으로 구성되어 있었으며, 난소소엽은 상피세포와 간충결합조직으로 구성되어 있었다. 난원세포는 큰 핵과 전자밀도가 높은 인을 포함하고 있었다. 난황형성 전기의 난모세포는 세포질에 전자밀도가 낮았고, 작은 구형의 난황 과립이 산재해 있었다. 난황형성 개시기의 난모세포는 난병에 의해 난소소엽과 연결되어 있었으며, 투과전자현미경 관찰 결과, 세포질에는 잘 발달된 골지체, 조면소포체, 미토콘드리아와 같은 세포소기관과 전자밀도와 크

기가 다양한 난황과립이 다수 존재하였다. 이들 난황과립의 전자밀도와 크기는 전단계의 난모세포보다 증가하였다. 후기 난황형성활성기의 난모세포의 난막 두께는 약 4.4 μm 였다. 성숙한 난모세포는 세포질에 전자밀도가 높은 단백질성의 난황과립과 전자밀도가 낮은 지질성의 난황과립으로 가득 차 있었으며 두께 약 6.5 μm 인 난막에 의해 둘러싸여 있었다.

REFERENCES

- Amor, M.J., Ramón, M. and Durfort, M. (2004) Ultrastructural studies of oogenesis in *Bolinus brandaris* (Gastropoda: Muricidae). *Scientia Marina*, **68**: 343-353.
- Beams, H.W. and Sekhon, S.S. (1966) Electron microscope studies on the oocyte of the fresh-water mussel (*Anodonta*), with special reference to the stalk and mechanism of yolk deposition. *Journal of Morphology*, **119**: 477-501.
- Bolton, T.F., Thomas, F.I.M. and Leonard, C.L. (2000) Maternal energy investment in eggs and jelly coats surrounding eggs of the echinoid *Arbacia punctulata*. *Biological Bulletin*, **199**: 1-5.
- Chang, Y.J. and Lee, T.Y. (1982) Gametogenesis and reproductive cycle of the cockle, *Fulvia mutica* (Reeve). *Bulletin of Korean Fisheries Society*, **15**: 241-253. [in Korean]
- Chang, H.J. (2002) Reproductive cycle and parturition induction in three species of the Pleuroceridae. Master Thesis, Pusan, Pukyong National University, 68 pp. [in Korean]
- Chung, E.Y. (1997) Ultrastructural study of germ cell development and reproductive cycle of the hen clam, *Mactra chinensis* on the west coast of Korea. *Development and Reproduction*, **1**: 141-156.
- Chung, E.Y. and Kim, Y.M. (2000) Ultrastructural study of germ cell development and sexual maturation of the hard clam, *Meretrix lusoria* (Bivalvia: Veneridae), on the west coast of Korea. *Journal of Medical and Applied Malacology*, **10**: 181-202.
- Chung, E.Y. and Ryou, D.K. (2000) Gametogenesis and sexual maturation of the surf clam *Mactra veneriformis* on the west coast of Korea. *Malacologia*, **42**: 149-163.
- Chung, E.Y., Kim, S.Y., Park, K.H. and Park, G.M. (2002) Sexual maturation, spawning, and deposition of the egg capsules of the female purple shell, *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae). *Malacologia*, **44**: 241-257.
- Ecklebarger, K.J. and Young, C.M. (1997) Ultrastructure of the ovary and oogenesis in the methane-seep mollusc *Bathynnerita naticoidea* (Gastropoda: Neritidae) from the Louisiana slope. *Invertebrate Biology*, **116**(4): 299-312.
- Hylander, B.L. and Summers, R.G. (1977) An ultrastructural analysis of gametes and early fertilization in two bivalve molluscs, *Chama macerophylla* and *Spisula solidissima* with special reference to gamete binding. *Cell and Tissue Research*, **182**: 469-489.
- Jung, G.K., Park, J.J., Lee, J.W. and Lee, J.S. (2007). Spermatogenesis of the spiny top shell, *Batillus cornutus* (Lightfoot, 1786) (Gastropoda: Turbinidae). *Development and Reproduction*, **11**: 97-104. [in Korean]
- Kim, E.K. (2004) Ultrastructural study on the germ cell differentiation of the melania snail, *Semisulcospira libertina libertina* (Gastropoda: Pleuroceridae). Master Thesis, Yosu National University, Yosu. 46 pp. [in Korean]
- Kim, B.H., Choi, K.S. and Lee, Y.D. (1996) Study on the reproductive cycle of the top shell, *Chlorostoma argrostoma turbinata*. *Bulletin of Marine Research Institute, Cheju National University*, **20**(1): 9-15.
- Lee, T.Y. (1974) Gametogenesis and reproductive cycle of abalones. *Publication of the Marine Laboratory from Pusan Fisheries College*, **7**: 21-50. [in Korean]
- Lee, J.H. (1980) Gametogenesis and reproductive cycle of the top shell, *Turbo cornutus solander*. *Bulletin of Korean Fisheries Society*, **13**(4): 125-134. [in Korean]
- Lee, J.J. (1983) Histological study on the reproductive cycle of Jeju island's turban shell *Turbo cornutus*. *Bulletin of Marine Resource Research Institute, Cheju National University*, **7**: 29-51. [in Korean]
- Lee, J.H. (1999) Gametogenesis and reproductive cycle of the rock shell, *Reishia (Thais) clavigera* (Neogastropoda: Muricidae), on the west coast of Korea. *Korean Journal of Biological Society*, **3**: 375-383.
- Lee, J.H. (2000) Sexual maturation of the turban shell, *Lunella coronata coreensis* (Gastropoda: Turbinidae), on the west coast of Korea. *Journal of Korean Fisheries Society*, **33**(6): 533-540. [in Korean]
- Lee, J.H. (2001) Gonadal development and reproductive cycle of the top shell, *Omphalius rusticus* (Gastropoda: Trochidae). *Korean Journal of Biological Society*, **5**: 37-44.
- Lee, J.H. (2002) Gonadal development and reproductive cycle of the sand snail, *Umbonium thomasi*. *Journal of Korean Fisheries Society*, **35**(6): 702-708. [in Korean]
- Lee, J.J. and Lee, J.Y. (1979) Biological studies on the seed production of the top shell-spawning season and induction of spawning of the top shell, *Turbo cornutus* Solander in Cheju island. *Bulletin of Marine Resource Research Institute, Cheju National University*, **3**: 5-16. [in Korean]
- Lee, J.Y., Park, Y.J. and Chang, Y.J. (1999) Gonadal development and reproductive cycle of *Gomphina melanaegis* (Bivalvia: Veneridae). *Journal of Korean Fisheries Society*, **32**: 198-203. [in Korean]
- Lee, J.Y., Chang, Y.J. and Chang, Y.J. (2003) Ultrastructure of germ cell during the gametogenesis in surf clam, *Spisula sachalinensis*. *Journal of*

- Korean Fisheries Society*, **36**(2): 157-162. [in Korean]
- Metaxatos, A. (2004) Population dynamics of the venerid bivalve *Callista chione* (L.) in a coastal area of the eastern Mediterranean. *Journal of Sea Research*, **52**: 293-305.
- Moran, A.L. (1997) Spawning and larval development of the black turban snail *Tegula funebris* (Prosobranchia: Trochidae). *Marine Biology*, **128**: 107-114.
- NFRDI (1999) Commercial molluscs from the freshwater and continental shelf in Korea. pp. 197. Kudeok, Pusan. [in Korean]
- Park, J.J., Lee, J.Y., Lee, J.S. and Chang, Y.J. (2003) Gonadal development and gametogenic cycle of the equilateral venus, *Gomphina veneriformis* (Bivalvia: Veneridae). *Journal of Korean Fisheries Society*, **36**: 352-357. [in Korean]
- Riehl, R. (1978) Light and electron microscopical investigations on the oocytes of the freshwater teleost fishes *Noemacheillus barbatulus* L. and *Gobio gobio* L. (Pisces, Teleostei). *Zoologischer Anzeiger*, **201**: 199-219.
- Selman, K. and Wallace, R.A. (1982a) The inter- and intracellular passage of proteins through the ovarian follicle in teleosts. *In*: Proceeding of the International Symposium on Reproductive Physiology of Fish. (ed. by Richter, C.J.J. and Goos, H.J.T.), pp. 151-154. Pudoc, Wageningen.
- Selman, K. and Wallace, R.A. (1982b) Oocyte growth in the sheephead minnow: uptake of exogenous proteins by vitellogenic oocytes. *Tissue and Cell*, **14**: 555-571.
- Selman, K. and Wallace, R.A. (1983) Oogenesis in *Fundulus heteroclitus* III. Vitellogenesis. *Journal of Experimental Zoology*, **226**: 441-457.
- Selman, K. and Wallace, R.A. (1986) Gametogenesis in *Fundulus heteroclitus*. *American Zoologist*, **26**: 173-192.
- Wallace, R.A. and Selmen, K. (1981) Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *American Zoologist*, **21**: 325-343.