

한국산 동자개속 및 통가리속 4종 어류의 난모세포에서 여포세포의 발달과 변형

백현아 · 박종영* · 김치홍¹ · 김종화¹

전북대학교 생물과학부 · 생물다양성연구소, ¹국립수산과학원 내수면생태연구소

Development and Transformation of Oocyte' Follicle Cell for Korean Four Sillurid Fishes of *Liobagrus* and *Pseudobagrus* (Pisces: Silluriformes)

Hyun-A Baek, Jong-Young Park*, Chi-Hong Kim¹ and Jong-Hwa Kim¹

Faculty of Biological Sciences and Institute for Biodiversity Research,
Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

¹Inland Fisheries Ecological Research Institute, NFRDI,
Cheongpyeong-ri Cheongpyeong-myeon, Kapyeong-gun, Kyunggi-do 477-815, Korea

A histological study on development and transformation of the oocyte' follicle cell for Korean four sillurid fishes, *Liobagrus obesus*, *L. mediadiposalis*, *Pseudobagrus koreanus*, and *P. brevicorpus* was performed by light and electron microscopes. The follicular layer surrounding the oocyte consisted of an outer theca cell and an inner follicle cell (granulosa cell). The follicle cells of the oocyte were flatten cells at early oocyte but during vitellogenesis they were transformed it to a single layer of cuboidal cell, then to a single columnar cell layer, and finally to a layer covered with a substance secreted by themselves. Although the development and transformation of the follicle cells was similar to four species, the secreted materials, called an adhesive membrane, were divided into two types in its appearance and nature. Firstly, a jelly coat-like type was found in *L. obesus* and *L. mediadiposalis*, which they are presumed to be polysaccharides and mucoproteins in its nature and secondly, a granular type in *P. koreanus* and *P. brevicopus*, being mucoprotein. A zona radiata with about 0.6~3.1 μm thin was present below the adhesive material secreted by the transformed-follicle cell's activity. The zona radiata was composed of two layers, a thin externa and a thick interna.

Key words : Sillurid fishes, oocyte, follicle cell, adhesive material, zona radiata

서 론

어류의 난모세포는 일반적으로 여포세포층 (follicular layer), 방사대 (zona radiata) 그리고 난세포질 (oocyte

plasma membrane) 등 3층으로 구성되어 있다. 특히 여포세포층은 theca cell과 follicular cell (=granulosa cell)로 구성되는데 theca cell은 방어기능을 수행하는 반면에 여포세포는 호흡, 난모세포와 배 발생에 영양공급, 효소분비, 난황형성, steroid형성 등과 같은 많은 기능을 수행하고 있다. 여포세포의 이러한 다양한 기능이외에

*Corresponding author: park7877@chonbuk.ac.kr

일부 어류에서는 여포세포층에서 많은 변화가 일어나는데 이는 난막의 구조변화(egg membrane, adhesive material, adhesive membrane, egg envelope, vitelline envelope)로서 알려져 있다. 이러한 알의 난막구조는 부착기능(adhesive function), 수압 조절, 배아 보호 기능 뿐 아니라 종간의 계통 발생학적 관계를 규명하는데 이용되었다(Laale, 1980; Groot and Alderdice, 1985; Kjesbu and Kryvi, 1989; Erickson and Pikitich, 1993). 또한 분류군에 있어서 이러한 여포세포의 변화는 종 특유의 산란습성 및 특성을 결정하는 환경적 요인으로 작용할 뿐 아니라 분류학적 목적으로도 사용되어 왔다(Blaxter, 1969; Lagler *et al.*, 1977; Laale, 1980; Groot and Alderdice, 1985; Erickson and Pikitich, 1993; Hirai, 1993; Riehl and Greven, 1993; Thiaw and Mattei, 1996; Park and Kim, 1997, 2001a, b).

본 연구의 연구종인 메기목(Silluriformes) 어류는 국내에 6과 7속 14종이 알려져 있으며 우리나라의 고유종으로는 미유기 *Silurus microdorsalis*, 꼬치동자개 *Pseudobagrus brevicopus*, 눈동자개 *P. koreanus*, 통가리 *Liobagrus andersoni*, 통사리 *L. obesus*, 자가사리 *L. mediadiposalis* 등 모두 6종이 알려져 있다(Kim *et al.*, 2005). 그러나 이러한 종들에 대해서 여포세포층의 변화에 대한 조직학적, 세포 화학적 연구가 거의 이루어지지 않고 있다.

따라서 고유종을 중심으로 동자개과 동자개속의 눈동자개와 꼬치동자개, 통가리과 통가리속의 통사리와 자가사리 등 모두 4종에 대한 여포세포층의 변형을 비교 조사함으로써 이들의 산란특성에 따른 부착구조를 조사하고, 향후 메기목 어류 연구에 대한 기초자료를 얻고자 한다.

재료 및 방법

본 실험에 사용한 표본은 메기목 통가리과 어류와 동자개과 어류 2종씩 모두 4종으로 자가사리(*Liobagrus mediadiposalis*)는 전북 남원 요천, 꼬치동자개(*Pseudobagrus brevicorpus*)는 경북 고령 지석천, 통사리(*L. obesus*)와 눈동자개(*P. koreanus*)는 전북 고산면 고산천에서 스킨다이빙, 족대(망목 5×5 mm), 낚시를 이용하여 2006년 3월부터 7월까지 채집하였다. 채집한 표본은 살아 있는 상태에서 실험실로 운반하여 일부는 생식소의 조직학적 관찰을 위해 10% 포르말린에 고정하고, 일부는 전자현미경적 관찰을 위해 생식소를 적출하여 0.2 M cacodylate buffer (pH 7.3)에 희석시킨 2.5% glutaraldehyde에 전고정시켰다.

광학현미경적 관찰을 위해 10% 포르말린액에 고정된 생식소를 꺼내 ethanol series로 탈수한 후 일반적인 paraffin 포매법으로 포매하여 microtome (Leica, Germany)을 이용하여 5 µm와 7 µm 두께로 잘랐다. Ehrlich's haematoxylin과 alcoholic eosin으로 이중 염색을 기본으로 alcian blue (AB) pH 1.0, 2.5, toluidine blue, periodic acid-schiffs (PAS), AB-PAS, Masson's trichrome으로 염색하였다. 주사전자현미경적 관찰을 위해 산란시기에 채집한 어류를 MS 222로 마취시키고 난소를 꺼내 알의 단면을 관찰하기 위해서 알을 1/2로 잘라서 2.5% glutaraldehyde에 전고정시켰다. 전고정된 조각들을 1% osmium tetroxide에 후고정을 한 후, ethanol series로 탈수하였다. Tertiary butyl alcohol로 동결 건조하여 금(gold)으로 증착(coation)을 한 후 주사전자현미경(JEOL JSM-6400)으로 관찰하였다. 또한 투과전자현미경적 관찰은 전자현미경과 같은 방법으로 고정한 후, ethanol series로 탈수하였다. Epon 812로 포매하여 block을 만들어 초박절편기(ultra-microtome, Leica, Germany)를 이용하여 일차적으로 후박절편(semi-thin section)을 하여 얻어진 절편을 검경한 후 초박절편(ultra-thin section)을 하였다. 이러한 초박절편들은 uranyl acetate와 lead citrate로 전자 염색을 하여 투과 전자현미경(JEOL-1200EX)으로 관찰하였다. Carl Zeiss vision (LE REL. 4.4, Germany)을 이용하여 촬영 및 크기를 측정하였다.

결 과

1. 여포세포의 발달 (development of follicle cell)

메기목 어류 4종의 여포세포층의 발달과정은 거의 유사하였다. 초기 난모세포의 핵에서 염색사가 가늘어져 핵 전체에 분포하게 되면서 다수의 염색인이 나타나는 시기인 염색인기(chromatin-nucleolus stage)에서는 여포세포층(follicular layer)이 불분명하다. 발생이 진행되면서 비대해진 핵막(배포, germinal vesicle)의 안쪽에 여러 개의 인(nucleolus)이 배열하는 주변인기(peri-nucleolus stage)에는 한 층의 편평상피세포(squamous epithelial cell)로 구성된 여포세포층(follicular layer)이 뚜렷해진다(Fig. 1, A-C). 난황물질이 축적되는 난황물질형성(vitellogenesis) 시기의 난모세포는 여포세포(follicular cell)와 theca cell의 2층으로 구성된 여포세포층이 더욱 뚜렷해지며, 난모세포의 세포질과 여포세포층 사이에 줄무늬모양(striated appearance)의 방사대(zona radiata)가 뚜렷해진다(Fig. 1, D).

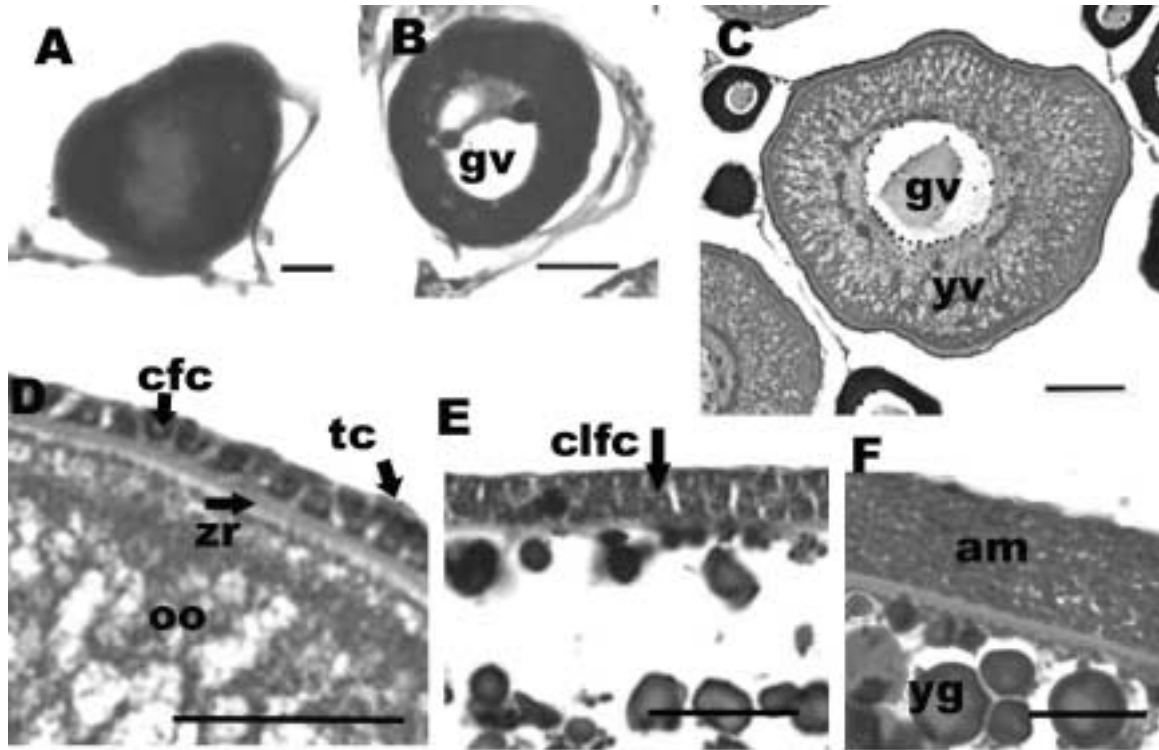


Fig. 1. Development and transformation of the oocyte' follicle cell of *Pseudobagrus koreanus* with Ehrlich haematoxylin and eosin. A, chromatin nucleous stage (bar=10 μ m); B, Peri nucleolus stage (bar=20 μ m); C, Yolk vesicle stage (bar=20 μ m); D, early yolk granule stage (bar=20 μ m); E, middle yolk granule stage (bar=20 μ m); F, Mature stage (bar=50 μ m). *Abbreviations:* am, adhesive material; cfc, cuboidal follicle cell; clfc, columnar follicle cell; gv, germinal vesicle; oo, ooplasm; yg, yolk granule; yv, yolk vesicle; zr, zona radiata.

2. 여포세포층의 변형 및 형태

1) 여포세포의 변형 (transformation of follicular cell)

초기 난황포 시기 (early yolk vesicle stage)의 난모세포는 한 층의 편평세포로 구성된 여포세포로 둘러싸여 있으나 성장함에 따라 편평세포보다 다소 큰 평균 2~4 μ m의 입방세포 (cuboidal cell)로 바뀌면서 난황포의 크기와 수가 증가하는 난황포 후기에는 (late yolk granule stage)에는 거의 대부분 원형세포로 대체된다 (Fig. 1, C-D). 난황포사이에 호산성인 난황구가 나타나는 난황구시기 (yolk granule stage)에는 입방세포로 구성되어 있는 여포세포는 길게 신장된 원주세포로 (columnar cell) 차츰 변하기 시작한다 (Figs. 1, D-E, 2, A-B, 3, A-B). 또한 이러한 난황구들이 서로 융합하여 난황덩어리 (yolk mass)를 형성하는 난황구후기 (late yolk granule stage)에는 평균 4.2~10.8 μ m 크기의 길다란 원주세포로 완전히 대체되었다 (Figs. 1, E, 2, B, 3, B). 성장이 진행되면서 이러한 원주세포는 신장되면서 이들의 핵은 중앙에 위치하지 않고 세포의 위쪽에 위치하면서 이들의 세포질은 분

비물로 채워졌다. 성숙기가 되면서 점차 원주세포는 더욱 신장되어 평균 8.2~26.4 μ m 크기에 이르지만 점차 이들은 세포의 형태를 잃고 핵은 맨윗부분에 잔존하고, 세포질에는 분비물이 축적된다 (Figs. 1, F, 2, C, 3, C). 이러한 분비물들이 성숙한 난모세포를 둘러싸고 있다.

2) 여포세포의 분비물형태

통가리속 어류의 통사리와 자가사리 그리고 동자개속 어류의 눈동자개와 꼬치동자개속 등 모두 4종의 여포세포를 조사한 결과 여포세포의 변형과정은 유사하게 진행되었으나 통가리속과 동자개속 어류 사이에 분비된 분비물의 형태는 크게 2가지로 구별되었다.

(1) 과립형 (granular type)

동자개속의 눈동자개와 꼬치동자개의 난황구후기의 원주형태로 구성된 여포세포는 핵은 대부분 맨 위쪽에 위치하고, 그들의 세포질은 아주 많은 과립의 형태로 분비물을 분비하는 과립형 (granular type)을 보여 주었다 (Fig. 2, D-J). 이러한 분비물들은 hematoxylin에 강하게 염색되는 호염기성을 보이며 (Fig. 2, C, H), 또한 alcian

blue (AB) (pH 1.0, 2.5), periodic acid-schiff's (PAS) 반응, AB (pH 2.5)-PAS 반응에서 양성반응을 보여 주었으며 toluidine blue에서 γ -metachromasia 반응을 보였다 (Fig. 2, D-H). 이러한 분비물들이 난모세포들을 둘러싸고 있다. 이러한 분비물로 구성된 막의 두께는 눈동자개가 평균 $8.2 \pm 4.6 \mu\text{m}$ ($5.7 \sim 12.1 \mu\text{m}$), 꼬치동자개 평균 $18.0 \pm 3.8 \mu\text{m}$ ($12.6 \sim 24.7 \mu\text{m}$)으로 나타나 꼬치동자개가 눈동자개보다 두꺼웠다. 한편 난모세포와 여포세포 사이에 존재하는 방사대는 난황물질형성시기에 뚜렷하게 나타나는데 동질적인 성질 (homogeneous nature)을 보여 주고 있다. 방사대의 두께는 눈동자개가 평균 $1.2 \pm 0.3 \mu\text{m}$ ($0.6 \sim 2.1 \mu\text{m}$), 꼬치동자개는 평균 $1.8 \pm 0.3 \mu\text{m}$ ($1.2 \sim 2.7 \mu\text{m}$)으로 꼬치동자개가 다소 두꺼웠다.

(2) 젤리층 (jelly-like type)

통가리속의 통사리와 자가사리의 여포세포에서 분비되는 분비물의 형태는 동자개속 어류와 약간 다르다. 동자개속 어류에서는 원주세포의 세포질에 수많은 과립들이 산재되어 있는 반면에 통가리속 어류에서는 이러한 과립들이 서로 엉키거나 달라붙어서 크고 작은 덩어리를 이루고 있을 뿐 아니라 동자개속 어류와 다르게 hematoxylin에 염색되지 않고 eosin에 강한 염색성을 보이는 호산성을 띠고 있다 (Fig. 3, C, H). 이러한 형태는 마치 젤리층의 형태 (jelly-like type)를 보여 주고 있다. 이러한 분비물은 동자개속의 과립형과는 달리 AB (pH 1.0, 2.5) 염색에서 기저부분의 일부에서만 다소 약한 양성반응을 보여주고 있다 (Fig. 3, E, F). 이러한 분비물로 구성된 막의 두께는 통사리가 평균 $26.4 \pm 4.6 \mu\text{m}$ (14.7

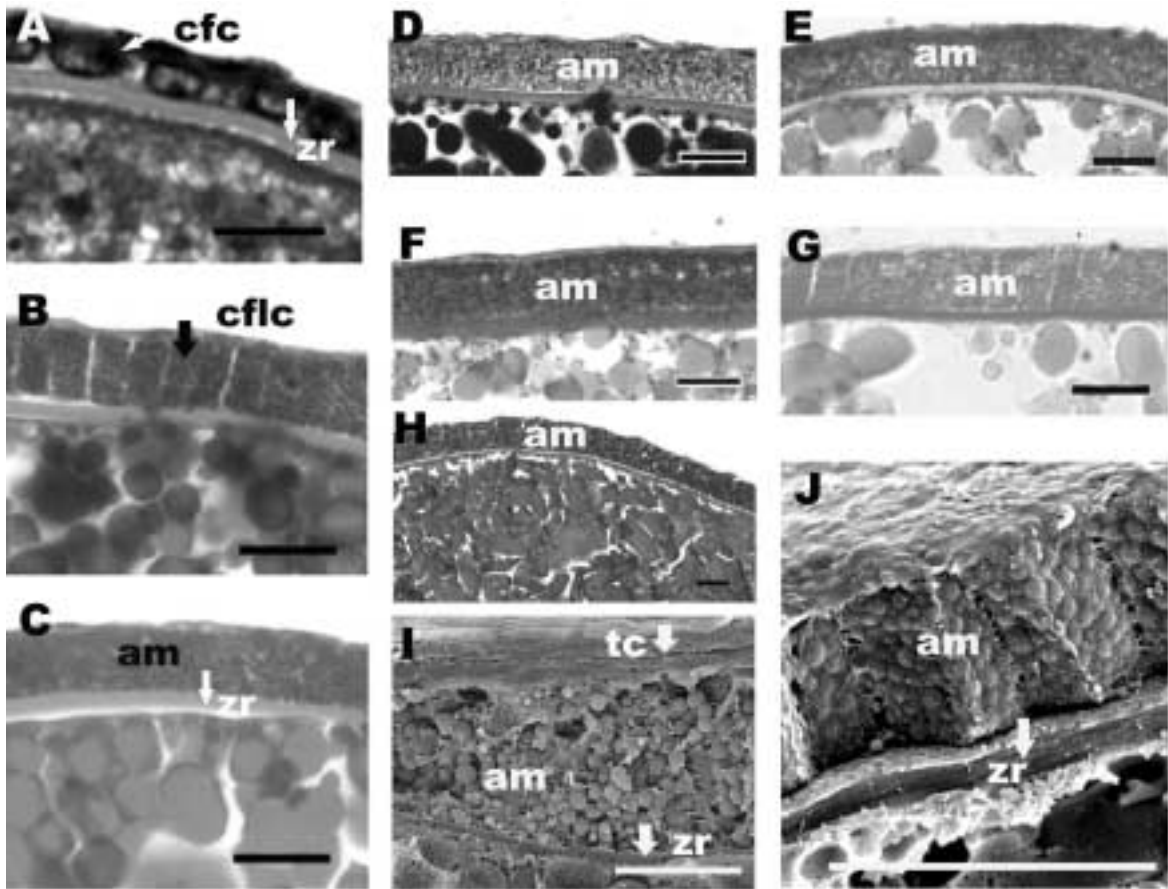


Fig. 2. Photographs of light (A to H) and scanning electron micrograph (I to J) of oocytes in *Pseudobagrus* (*P. koreanus*, A to G and J; *P. brevicorpus*, H and I). A-C, shows transformation cuboidal follicle cells into columnar cell and adhesive materials by secreted themselves with Ehrlich haematoxylin and eosin (bars=20 μm); D, Masson trichrome staining (bar= 20 μm); E, AB (pH 2.5) staining (bar=20 μm); F, AB (pH 2.5) PAS reaction (bar= 20 μm); G, PAS reaction (bar=20 μm); H, adhesive material of *P. brevicorpus* with Ehrlich haematoxylin and eosin (bars=50 μm); I (*P. koreanus*) to J (*P. brevicorpus*), ultrastructure of follicular layer and zona radiata (bars=20 μm). Abbreviations: am, adhesive material; cfc, cuboidal follicle cell, clfc, columnar follicle cell; tc, theca cell; zr, zona radiata.

~12.1 μm), 자가사리는 평균 $18.2 \pm 3.8 \mu\text{m}$ (12.6~30.2 μm)으로 나타나 통사리가 다소 두꺼웠다. 한편 난모세포와 여포세포 사이에 존재하는 방사대는 난황물질형성 시기에 분명해지며 난황구 후기가 되면 이질적인 특징 (heterogeneous nature)을 보여 주었다. 방사대는 크게 여포세포와 인접한 바깥부분 (outer region)과 난모세포에 인접한 내부부분 (inner region)으로 뚜렷히 구분되는데 윗부분은 아주 얇은 층으로 호염기성을 보인 반면에 두꺼운 아래부분은 호산성을 보여 주었다 (Fig. 3, C). 또한 AB (pH 1.0, 2.5) 반응에서도 윗부분은 양성반응, 아래 부분에서는 음성반응을 보여 주었다. 이들의 두께는 통사리 $2.0 \pm 0.3 \mu\text{m}$ (1.3~2.7 μm), 자가사리는 평균 $1.9 \pm 0.5 \mu\text{m}$ (0.9~3.1 μm)으로 거의 비슷하였다.

3. 전자현미경적 구조

4종의 난모세포는 주사전자현미경으로 관찰하면 기본

적으로 맨바깥층의 theca cell, 과립형태로 분비된 물질로 구성된 여포세포, 그리고 방사대로 구분되고 있다 (Fig. 2, I). 동자개속 어류인 눈동자개와 꼬치동자개의 변형된 여포세포에 의해 분비된 물질의 형태는 분비물은 수많은 과립들이 독립적으로 배열되어 있는 과립형을 보여주고 있다 (Fig. 2, I, J). 반면에 통가리속 어류는 동자개속 어류와는 다르게 난황구 초기에는 과립들이 형성되지만 발생이 진행되면서 분비물들이 서로 달라붙거나 융합되어 커다란 원형의 형태를 보이지만 광학현미경에서는 공포모양을 형성하고 있다 (Fig. 3, I).

투과전자현미경으로 관찰결과 전자밀도가 낮으면서 여포세포 아래에 존재하는 얇은 externa와 상대적으로 전자밀도가 높으면서 두껍고 ooplasm 부분의 interna 2층으로 구성되었다 (Fig. 4). 이러한 방사대는 광학현미경에서는 줄무늬 모양으로 관찰되지만 투과전자현미경에서는 많은 미세관 (pore canal)이 난막을 관통하고 있었다. 이러한 난막의 미세관에는 많은 미세용모 (micro-

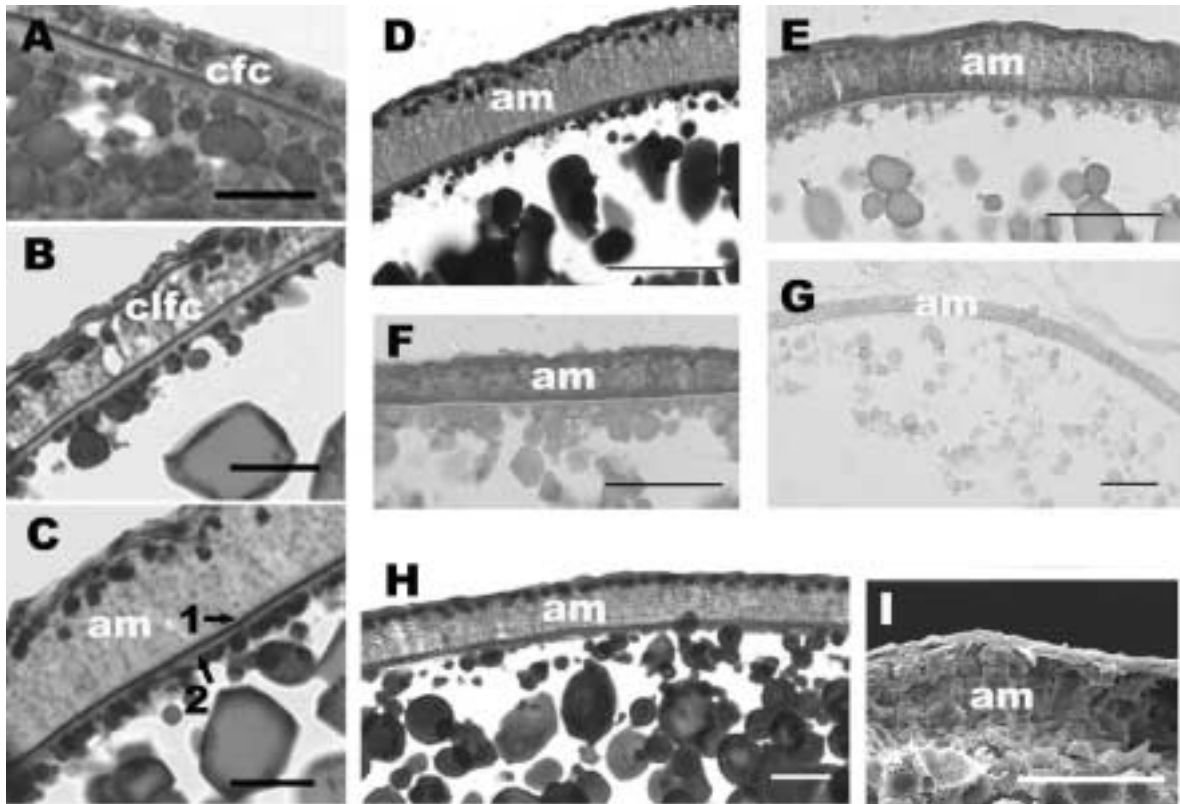


Fig. 3. Photographs of light (A to H) and scanning electron micrograph (I) of oocytes in *Liobagrus* (*L. obesus*, A to G and J; *L. mediadiposalis*, H and I). A-C, shows transformation cuboidal follicle cells into columnar cell and adhesive materials by secreted themselves with Ehrlich haematoxylin and eosin (bars=20 μm); D, Masson trichrome staining (bar=50 μm); E, AB (pH 2.5) staining (bar=50 μm); F, AB (pH 2.5) PAS reaction (bar=50 μm); G, PAS reaction (bar=50 μm); H, adhesive material of *L. mediadiposalis* with Ehrlich haematoxylin and eosin (bar=50 μm); I ultrastructure of adhesive material of *L. mediadiposalis* (bar=20 μm). Abbreviations: am, adhesive material; cfc, cuboidal follicle cell, clfc, columnar follicle cell.

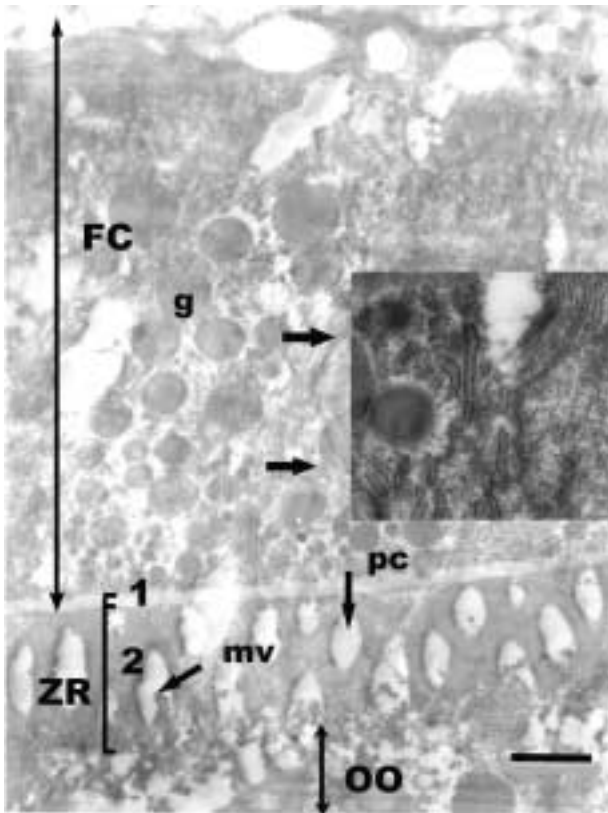


Fig. 4. A photograph of transmission electron micrograph of oocytes in *Liobagrus obesus*. Insert shows enlargement of Golgi complex. *Abbreviations:* arrows, Golgi complex; FC, follicle cell; g, granule; mv, microvillus; oo, ooplasm; pc, pore canal; ZR, zona radiata; 1, zona radiata externa; 2, zona radiata interna (bar=1 μm).

villii)가 난모세포의 세포질 바로 위에 있는 난막을 관통하여 여포세포까지 신장되어 있었다 (Fig. 4). 여포세포에서 분비된 과립형태의 분비물들이 여포세포내에 존재하고 있으며 골지체 (Golgi complex)가 관찰되고 있다 (Fig. 4).

고 찰

국내에 출현하는 메기목 어류는 모두 6과 7속 14종이 분포하고 있으나 현재 이들에 대한 난모세포의 변형 및 이에 따른 분비물의 구조 및 특성에 대해서는 전혀 알려져 있지 않다. 메기목 어류 가운데 동자개과의 눈동자개, 꼬치동자개, 통가리과의 통사리와 자가사리 4종의 난모세포는 초기단계에서부터 성숙기에 이르기까지 여포세포는 상당한 변화를 보여 주었다. 염색인기의 초기난

모세포는 얇은 편평세포로 구성된 여포세포로 둘러 싸여 있으나 점점 발생이 진행되면서 난황포시기에는 입방세포로 변하고, 난황구 시기에는 이러한 입방세포가 원주세포로 대체되면서 배란직전에는 원주세포로부터 분비된 물질들로 둘러싸이게 된다. 이와 같이 난모세포가 발달함에 따라 진행되는 여포세포의 변화는 메기목 어류인 독일산 *Silurus glanis*에서도 같은 결과를 보여 주고 있다 (Abraham *et al.*, 1993). 특히 독일산 *S. glanis*의 여포세포로부터 분비된 물질들은 mucosomes으로서 jelly coat를 형성함으로써 기질에 알을 붙이는 부착기능 (adhesive material)을 수행하는 것으로 보고되었다 (Abraham *et al.*, 1993). Kobayakawa (1985)에 따르면 일본산 *Silurus* 3종에 대해 산란을 유도하여 얻은 알의 외부형태를 관찰한 결과 젤리층을 형성하고 있으며 3종 가운데 *S. asotus*와 *S. biwaensis*는 부착성을 갖는 것으로 알려져 있다. 이러한 메기목 이외에 어류의 알에서 분비되는 분비물은 부착막 (adhesive membrane)으로 알려져 있으며 부착막의 부착기능 이외에 부착막 구조들은 일부 분류군에 있어서 어류의 계통에 널리 이용되고 있다 (Laale, 1980; Groot and Alderdice, 1985; Kjesbu and Kryvi, 1989; Abraham *et al.*, 1993; Erickson and Pikitch, 1993; Riehl and Greven, 1993; Park *et al.*, 1998; Shabanipour and Heidari, 2004).

한편 본 조사에서 연구된 4종의 메기목 어류는 독특한 2 type으로 구분되고 있다. 첫번째 type은 과립형태 (granular type)로서 동자개속의 눈동자개와 꼬치동자개에서 나타나는 형태이며, 두 번째 type은 jelly-like type으로 통가리속의 통사리와 자가사리에서 나타나고 있다. 특히 통가리속의 jelly-like type은 같은 메기목 어류로서 독일에 분포하는 *Silurus glanis*의 jelly coat와 비슷하지만 jelly coat의 precursor인 "acorn body"가 존재하지 않는 점이 큰 차이점으로 나타나고 있다.

또한 동자개속과 통가리속 어류에서 나타나는 분비물의 성분을 조사한 결과 통가리속의 jelly-like type은 polysaccharides와 mucoprotein으로 구성되는 반면에 과립형은 mucoprotein으로 구성되어 속간에 뚜렷한 차이를 보여주었다. 이러한 부착막의 성분은 유연종인 *Silurus glanis*의 jelly coat에서 mucopolysaccharide와 mucopolysaccharide으로 알려진 바 있다 (Abraham *et al.*, 1993). 또한 대부분 부착기능을 수행하는 어류의 부착물질의 성분은 mucus, mucine, gelatin으로 구성되어 있는 것으로 알려져 있다 (Laale, 1980; Park *et al.*, 1998). Laale (1980)의 연구에 의하면 이러한 성분을 가지는 알들은 식물이나 침전물 또는 알끼리 서로 달라붙도록 부착성질 (adhesive properties)을 가지며, 거의 대부분 침

성란이라고 알려졌다 (Blaxter, 1969).

전자현미경으로 방사대 (zona radiata)를 관찰한 결과 4종 모두 난막은 내막과 외막의 2층으로 구성되어 있으며 이들의 두께는 눈동자개 0.6~2.1 μm , 꼬치동자개 1.2~2.7 μm , 통사리 1.3~2.7 μm , 자가사리 0.9~3.1 μm 로 비교적 얇았다. 이러한 방사대의 2중층 구조는 한국산 줌구굴치 (두께 7.8~10.5 μm)에서 알려져 있으며, 주로 태생어인 Goodeidae and Poeciliidae에서는 1층 또는 2층 구조를 가지며, 두께는 0.3 to 2.0 μm 로 아주 얇은 특징을 보여주었다 (Riehl and Greven, 1993; Park *et al.*, 1998). Riehl and Greven (1993)는 방사대의 얇은 두께는 태생어에서 주로 관련되어 있으며 여포세포와 배 (embryo)와 모조직 (maternal tissue) 사이의 가스교환과 관련있다고 보고한 바 있다. 그러나 줌구굴치 뿐 아니라 동자개과 및 통가리과 어류는 방사대의 2중 구조 및 얇은 두께는 가지지만 위에서 언급한 것처럼 태생어가 아닌 난생어로서 종의 자체의 특징으로 생각된다. 또한 일반적으로 방사대가 3층 이상의 구조를 가지면서 두꺼울 경우 부성란 (pelagic egg)이 아닌 침성란으로 알려져 있다 (Groot and Alderdice, 1985; Riehl, 1991). 한국산 미꾸리과 어류는 방사대가 3층으로 구성되면서 이들의 두께는 2.0~7.0 μm 로 침성란으로 보고된 바 있다 (Park *et al.*, 1998; Park and Kim, 2001a, b). 많은 어류에서 이러한 방사대의 특징 및 구조는 산란특성 및 알의 발생, 그리고 분류학적 위치등과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다 (Ivankov and Kurdyayeva, 1973; Hirai, 1993; Britz *et al.*, 1995; Riehl and Patzner, 1998; Park and Kim, 2001a, b).

한편 실제 자연에서 조사한 결과에 의하면 4종은 하천의 자갈이나 돌밑 등의 기질에 산란하는 것으로 알려져 있어 (Kim *et al.*, 2005) 이러한 산란 습성의 차이가 부착구조와 어느정도 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다. 그러나 앞으로 메기목 전체 어류에 대한 충분한 조사가 이루어진다면 속간, 또는 종간의 차이점을 통해 이들 어류의 부착막 구조와 산란특성에 대한 관계에 대한 기초자료를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

적 요

메기목 어류인 통사리 *Liobagrus obesus*, 자가사리 *L. mediadiposalis*, 눈동자개 *Pseudobagrus koreanus*, 꼬치동자개 *P. brevicopus*에 대한 난모세포의 여포세포의 발달과 변형과정을 광학현미경과 전자현미경으로 비교 조사하였다. 4종의 난모세포는 바깥의 theca cell과 안쪽의

여포세포 (granulosa cell)로 둘러싸여 있다. 이러한 여포세포는 초기 난모세포에서는 편평세포로 구성 되었으나 난황물질형성 동안 단층의 입방상피, 단층의 원주세포로 대체되면서 난황구후기에는 원주세포에 의해서 분비되는 물질로 채워지게 된다. 4종이 이러한 과정이 비슷하지만 분비된 물질 (부착구조)의 형태는 2가지로 구분된다. 첫째로 젤라틴막 구조로서 통가리속의 통사리 및 자가사리에서 나타나며 이들의 성분은 polysaccharides와 mucoproteins로 확인되었다. 반면에 두 번째인 과립형태는 동자개속의 눈동자개와 꼬치동자개에서 볼 수 있으며 이들은 mucoprotein으로 구성되었다. 한편 이러한 부착물질의 아래 부분에 존재하는 방사대는 얇은 바깥층과 두꺼운 내부층으로 구성되는 2중 구조이며, 이들의 두께는 0.6~3.1 μm 로 나타났다.

사 사

이 논문의 일부는 2006년도 정부재원 (교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음 (KRF-2006-003-C00246).

인 용 문 헌

- Abraham, M., V. Hilge, R. Riehl and Y. Iger. 1993. Mucollicle cells of the jelly coat in the oocyte envelope of the sheatfish (*Silurus glanis* L.). *J. Morphol.*, 217 : 34~43.
- Blaxter, J.H.S. 1969. Development: eggs and larvae, In: Hoar W.S., D.J. Randall and E.M. Donalson (eds), *Fish Physiology: reproduction and growth, bioluminescence, pigments and poisons*. Vol. 3, Academic Press, New York, pp. 177~252.
- Britz, R., M. Kokoscha and R. Riehl. 1995. The anabantoid genera *Ctenops*, *Luciocephalus*, *Parasphaerichthys*, and *Sphaerichthys* (Teleostei: Perciformes) as a monophyletic group: evidence from egg surface structure and reproductive behavior. *Jap. J. Ichthyol.*, 42 : 71~79.
- Erickson, D.L. and E.K. Pikitch. 1993. A histological description of shortspine thornyhead, *Sebastolobus alascanus*, ovaries: structures associated with the production of gelatinous egg masses. *Environ. Bio. Fishes*, 36 : 273~282.
- Groot, E.P. and D.F. Alderdice. 1985. Fine structure of the external egg membranes of five species of Pacific salmon and steelhead trout. *Can. J. Zool.*, 63 : 552~566.
- Hirai, A. 1993. Fine structure of the egg membrane in four

- species of Pleuronectinae. Fapan. J. Ichthyol., 40 : 227 ~ 235.
- Ivankov, V.N. and V.P. Kurdyayeva. 1973. Systematic differences and the ecological importance of the membranes in fish eggs. J. Ichthyol., 13 : 864 ~ 873.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.Y. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyo Hak Publishing Co. Ltd., 613 pp. (in Korean)
- Kjesbu, O.S. and H. Kryvi. 1989. Oogenesis in cod, *Gradus morhua* L., studied by light and electron microscopy. J. Fish. Biol., 34 : 735 ~ 746.
- Kobayakawa, M. 1985. External characteristics of the eggs of Japanese catfishes (Silurus). Jap. J. Ichthyol., 32 : 104 ~ 106.
- Laale, H.W. 1980. The perivitelline space and egg envelopes of bony fishes; a reviews. Copeia 1980 : 210 ~ 226.
- Lagler, K.F., F.E. Bardach, R.R. Miller and D.R.M. Passono. 1977. Reproduction. In: Ichthyology (2ed). John Wiley and Sons. New York. pp. 268 ~ 310.
- Park, J.Y. and I.S. Kim. 1997. Egg membrane in five cobitid species of *cobitis* (Pisces : Cobitidae). Korean J. Ichthyol., 9 : 121 ~ 129.
- Park, J.Y., K.C. Richardson, and I.S. Kim. 1998. Developmental changes of the oocyte and its enveloped layers in *Micropercops swinhonis* (Pisces, Perciformes). Korean J. Biol. Sci., 2 : 501 ~ 506.
- Park, J.Y. and I.S. Kim. 2001a. Fine structures of oocyte envelopes of the related three cobitid species in the genus, *Iksookimia* (Cobitidae). Ichthyol. Res., 48 : 71 ~ 75.
- Park, J.Y. and I.S. Kim. 2001b. Ultrastructure of the external egg envelopes in two cobitid fishes (Cobitidae). Korean J. Ichthyol., 13 : 19 ~ 23.
- Riehl, R. 1991. Structure of oocytes and egg envelopes in oviparous teleosts an overview. Acta Biol. Benrodis, 3: 27 ~ 65. (In German)
- Riehl, R. and H. Greven. 1993. Fine structure of egg envelopes in some viviparous goodeid fishes, with comments on the relation of envelope thinness to viviparity. Can. J. Zool., 71 : 91 ~ 97.
- Riehl, R. and R. Patzner. 1998. Minireview: the modes of egg attachment in teleost fishes. Ital. J. Zool., 65: 415 ~ 420.
- Shabanipour, N. and B. Heidari. 2004. A histological study of the zona radiata during late oocyte developmental stages in the caspian sea mugilid, *Liza aurata* (Risso 1810). Barzil. J. Morphol. Sci., 21 : 191 ~ 195.
- Thiaw, O.T. and X. Mattei. 1996. Ultrastructure of the secondary egg envelope of Cyprinodontidae of the genus *Epiplatys* Gill, 1862 (Pisces, Teleostei). Acta Zool., 77 : 161 ~ 166.

Received: May 14, 2007

Accepted: June 4, 2007