

인상어, *Neoditrema ransonneti*의 정포 형성 및 구조

이정식[†] · 정선영 · 정의영¹

여수대학교 어병학과 · ¹군산대학교 해양생명과학부

Formation and Structure of the Spermatozeugmata of *Neoditrema ransonneti*(Perciformes: Embiotocidae)

Jung Sick Lee[†], Seon Young Jeong and Ee-Yung Chung¹

Department of Fish Pathology, Yosu National University, Yosu, Cheonnam 550-749, Korea

¹School of Marine Life Science, Kunsan National University, Kunsan, Jeollabuk-do 573-701, Korea

요 약 : 인상어 정소는 세관형이며, 각 정소 세관은 여러 개의 정소 소낭으로 구성되어 있는데, 소낭 내의 생식 세포들은 동일한 발달 단계를 보였다. 정자형성과정 동안 소낭 세포에서는 잘 발달된 조면 소포체와 골지체가 관찰되었다. 소낭 세포의 분비활성은 후기 정자번데시기에 가장 높은 것으로 나타났다. 정포 내의 정자결합물질은 정소 소낭 세포에서 분비되며, 하나의 정소 소낭에서는 하나의 정포가 만들어진다. 체외로 방출된 정포에서 피막구조는 관찰할 수 없었다. 투과전자현미경 표본에서 횡단된 하나의 정포 내에서는 1,500~1,700개의 정자 미부가 관찰되었다.

ABSTRACT : The testis of *Neoditrema ransonneti* is testicular tubule type, each testicular tubule consists of numerous testicular cysts which contain numerous germ cells showing the same developmental stage. During spermatogenesis, well developed rough endoplasmic reticula and the Golgi complex are observed in the cyst cell. Secretory activity of cyst cell was the highest in the late spermiogenesis. Sperm binding materials of spermatozeugmata are secreted by testicular cyst cell. One spermatozeugmata is produced by a testicular cyst during spermatogenesis. The capsular structure was not found in the spermatozeugmata discharged from male. According to observations under transmission electron microscopy approximately 1,500 to 1,700 of sperm tails were observed in the cross sectioned spermatozeugmata.

Key words : *Neoditrema ransonneti*, Spermatozeugmata, Testicular cyst, Cyst cell.

서 론

동물의 생식법은 수정방법에 따라 체내수정과 체외수정으로 나뉘어지는데, 어류를 포함한 대부분의 수서동물은 체외수정의 형태를 취하지만 일부 수서동물에서 체내수정이 보고되어 왔다.

보통 수컷 체내의 정자들은 매질에 분산 현탁된 상태로 수정으로 방출되거나 암컷의 생식기관내로 전달된다. 그러나 Characidae, Embiotocidae, Goodeidae, Poeciliidae의 체내수정 어류와 일부 패류 및 갑각류에서 정자들은 sperm packet의 형태로 암컷의 생식기관내로 전달되는데, 이러한 형태의 정자 전달방법은 정자를 효율적으로 암컷의 체내로 전달하기 위한 적응현상으로 알려져 왔다(Gardiner, 1978).

이러한 sperm packet의 기원과 형성에 관해서는 *Cymatogaster aggregata*의 경우에는 수정관 상피세포의 단백질성 물질분비에 의한 것이고(Gardiner, 1978), *Horachthys setnai*의 경우에는 정소를 구성하는 Sertoli cell의 작용에 의한다(Grier, 1984). 하지만 이들 보고에서 정자형성과정에 따른 정포 형성에 기여하는 세포들의 일련의 변화양상을 언급하지 못하였으므로 두 가지 모두 설득력이 제한되고 있다.

따라서 본 연구는 인상어, *Neoditrema ransonneti*를 대상으로 이들의 정자형성 과정동안 조직학적 방법을 이용하여 정자전달 방법의 한 종류인 정포(spermatozeugmata)의 기원과 형성 기작을 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 재료는 부산 수영만 인근 해역에서 정치망에 의해서 채집되었다. 채집된 재료는 활어상태로 실험실로 옮겨 체장과 체중을 측정 후, 해부하여 정소를 추출하

[†]교신저자: 전라남도 여수시 둔덕동 산 96-1, 여수대학교 어병학과.
(우) 556-749, (전) 061-659-3172, (팩) 061-659-3172, E-mail: LJS@yosu.ac.kr

여 조직표본을 제작하였다.

정포의 형태 및 구조는 개체가 스스로 방출한 것을 채취·고정하여 외부형태를 기재한 후 광학 및 투과전자현미경 조직표본을 제작하였다.

광학현미경 조직표본 제작은 정소 및 정포를 Bouin's solution에 고정 후 파라핀 절편법에 의해 두께 4~5 μm 로 연속절편하여 Mayer's hematoxylin-0.5% eosin(H-E)의 비교염색과 Mallory 삼중염색 그리고 periodic acid-Schiff(PAS) 반응을 실시하였다.

투과전자현미경의 조직표본 제작은 정소와 정포를 0.1M phosphate buffer(pH 7.2)로 완충시킨 2.5% glutaraldehyde 용액으로 4°C에서 2~4시간 동안 전 고정하였다. 그리고 1% osmium tetroxide(OsO_4)로 4°C에서 2시간 동안 후 고정하였으며, 고정이 끝난 재료는 0.1M phosphate buffer로 세척하고 ethanol을 이용하여 실온에서 15분 간격으로 단계별로 탈수하였다. 그 후 Epon 812에 포매하여 두께 0.5 μm 의 semithin section과 70nm의 ultrathin section을 하였으며, ultrathin section은 copper grid(200 mesh)에 올려 uranylacetate와 lead citrate 용액으로 이중 염색하여 투과전자현미경(JEM 1200 E-XII, 60~80 KV, JEOL)으로 관찰하였다.

Sperm packet에 대한 용어는 Pecio & Rafinski(1994)에 따라 정포(spermatozeugmata)를 사용하였으며, 생식 세포 발달과정의 각 단계는 Lee & Chung(1997)의 기준에 따랐다.

결 과

1. 인상어의 성적이형

인상어의 수컷은 복부에 흑청색의 무늬를 가지며, 꼬리지느러미의 상하엽 말단은 암컷보다 길게 신장되어 있으며, 뒷지느러미의 전반부 기저에서는 교미기가 발달되어 있어서 외형적으로도 암컷과 쉽게 구별되었다(Fig. 1-A). 생식소의 외부형태도 정소는 이엽으로 구성되어 있으나(bilobular type), 난소는 전단부 말단만 분지 되어 있는 단엽의 주머니형태(unilobular type)를 나타내어 뚜렷한 성적 차이를 보였다.

2. 정소의 구조

인상어 정소의 내부조직상은 정세관형(testicular tubule type)으로 각각의 정세관은 여러 개의 정소 소낭(testicular cyst)을 가진다(Fig. 1-B). 생식소를 전체적으로 볼 때 생식 세포는 비동시 발달상을 보이지만, 각 소낭내의 생식 세포들은 같은 단계의 발달상을 보였다. 광학현미경 관찰결과 소낭구조는 정원세포에서 제 1정모세포로 발달하는 시기부터 명확

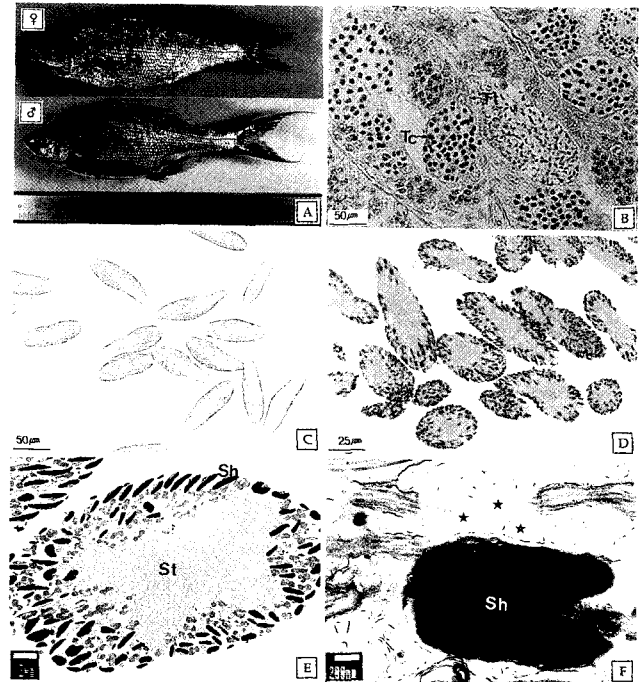


Fig. 1. Morphology and structure of the spermatozeugmata in *Neoditrema ransonneti*. [A], sexual dimorphism of *Neoditrema ransonneti*. [B], a photomicrograph of testis consisting of many testicular tubules with numerous testicular cysts. [C], a photomicrograph of external morphology of the spermatozeugmata. [D], semithin section of the spermatozeugmata. [E], transmission electron micrograph of the spermatozeugmata. Capsule is not found in the spermatozeugmata. [F], section showing the sperm binding materials(★) within the spermatozeugmata. Abbreviations: Sh, sperm head; St, sperm tail; Tc, testicular cysts; Tt, testicular tubules.

해지는 것으로 나타났다.

3. 생식 세포 발달에 따른 소낭 세포(cyst cell)의 변화

정소 소낭을 구성하고 있는 소낭 세포들은 휴지기 동안에는 긴 삼각형으로 불규칙한 형태의 핵을 가지며, 세포 소기관들의 발달은 매우 미약하다. 하지만 이들 소낭 세포들은 생식 세포들이 발달함에 따라 핵의 형태적 변화와 세포 소기관의 발달양상이 변화한다.

정원세포기에 소낭 세포의 핵은 장방형이며, 세포질은 미활성 상태로 일부 미토콘드리아를 제외하고는 세포 소기관의 발달은 관찰하기 힘들었다(Fig. 2-A).

정모세포들로 채워진 소낭을 싸고있는 소낭 세포들의 핵은 타원형에 가깝게 확장되어 있었으며, 핵질은 전자밀도가 높은 이형염색질과 전자밀도가 낮은 진정염색질이 잘 구분된다. 그리고 세포질은 활성화되어 미토콘드리아들의 발달과 일부 조면 소포체, 골지체 및 분비과립들을 관찰할 수 있

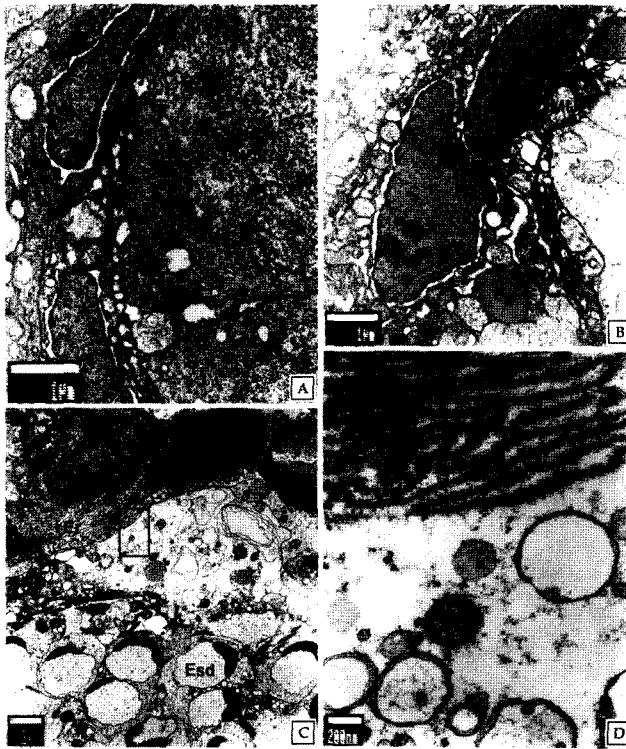


Fig. 2. Ultrastructural changes in the cyst cells and spermatozuigmata formation with germ cell development in *Neoditrema ransonnети*. [A], section of the cyst cell in the spermatogonium stage. [B], cyst cells in the spermatocyte stage. Notice the oval nucleus and early active cytoplasm. [C], section in the early spermatid stage. Notice the well developed rough endoplasmic reticula and membrane-bound materials. [D], a magnified view of Fig. 2-C-□. Abbreviations: Cc, cyst cells; Esd, early spermatid; Gc, Golgi complex; Mt, mitochondria; N, nucleus; rEr, rough endoplasmic reticula; Sg, secretory granule; Sp, spermatogonium.

었다(Fig. 2-B).

초기 정세포기에 소낭 세포에서는 조면 소포체들이 잘 발달되어 있었으며, 소낭 세포와 정소 소낭 사이에서는 전자밀도와 크기가 다양한 막을 가진 분비과립들을 다수 관찰할 수 있었다(Fig. 2-C and D). 정세포기의 후기에 소낭 세포들은 전자밀도가 매우 높은 핵을 가지고 있었으며, 주변의 세포들과 잘 발달된 membrane interdigitation 구조로 연결되어 있었다. 그리고 이들 세포의 세포질에서는 분비과립과 조면 소포체 및 골지체가 매우 잘 발달되어 있었으며(Fig. 3-A and B), 소낭 세포로부터 형성된 물질들이 정소 소낭 내로 분비되는 것이 관찰되었다(Fig. 3-C).

정자형성과정이 완료된 후 정소 소낭 내 완숙정자들 사이의 공간에서는 정자형성과정 동안 소낭 세포들에 의해서 분비된 전자밀도가 낮은 부정형의 물질들을 관찰할 수 있었다

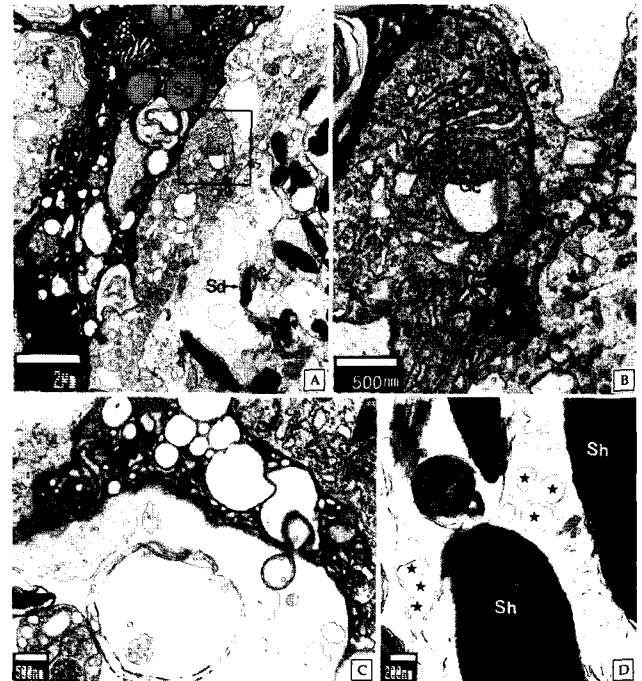


Fig. 3. Ultrastructural changes in the cyst cells and spermatozuigmata formation with germ cell development in *Neoditrema ransonnети*. [A], section of the cyst cell in the late spermatid stage. Notice the activated cytoplasm. [B], a magnified view of Fig. 3-A-□. Notice the well developed rough endoplasmic reticula and Golgi complex. [C], an electron micrograph showing the active secretion of the cyst cell in the late spermatid stage. [D], sperm binding materials (★) between sperm after spermatogenesis. Abbreviations: Sd, spermatid; Gc, Golgi complex; Mt, mitochondria; rEr, rough endoplasmic reticula; Sg, secretory granule; Sh, sperm head.

(Fig. 3-D). 완숙기 정소의 광학현미경 표본에서는 각각의 정소 소낭 내에서 소낭의 주변부는 염기성염료인 hematoxylin에 진하게 염색되었으며 중앙부는 eosin에 진하게 염색된 정포 형태의 정자 무리를 관찰할 수 있었다(Fig. 4-A). 이러한 조직상은 투과전자현미경 표본에서 하나의 정소 소낭 내의 정포로 확인되었는데, 정자의 두부는 소낭의 주변부를 향하고 있었으며 정자의 미부는 소낭의 중심에 위치하고 있었다. 하나의 소낭내에서 관찰된 정자 미부의 횡단면은 1,600~1,700개였으며, 이 시기에 이들 소낭의 소낭 세포들은 분비활성이 매우 감소된 상태를 보였다(Fig. 4-B).

교미 후 개체의 정소 표본에서는 정포가 방출된 후 비어있는 정소 소낭이 관찰되었다(Fig. 4-C). 이들 소낭 세포들의 핵은 전자밀도가 낮았으며, 세포질에서는 조면 소포체와 골지체가 관찰되었으나 분비활성은 없었으며(Fig. 4-D), 식세포 작용에 의한 잔여정자의 흡수가 관찰되었다(Fig. 4-E).

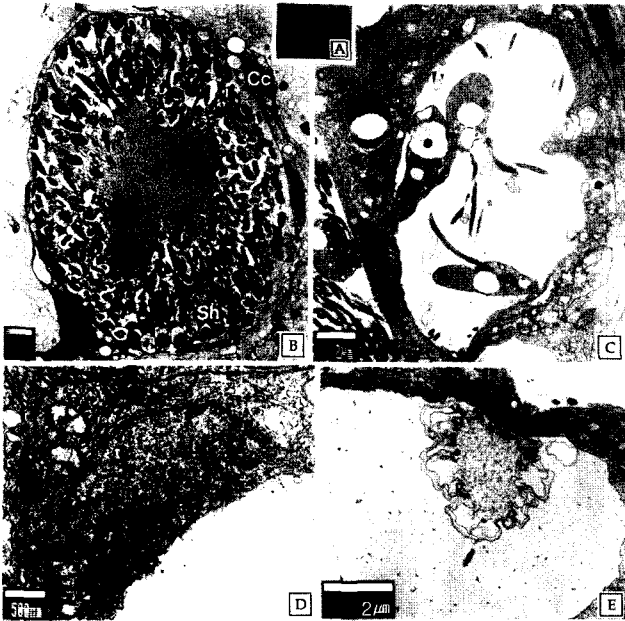


Fig. 4. Ultrastructural changes in the cyst cells and spermatozeugmata formation with germ cell development in *Neoditrema ransonneti*. [A], photomicrograph of the testis in the ripe stage. [B], an electron micrograph of the testicular cyst in the ripe stage. [C], testicular cyst after copulation. [D], degenerating cyst cell after copulation. Notice the nucleus of low electron density. [E], phagocytosis of the cyst cell. Abbreviations: Cc, cyst cell; Gc, Golgi complex; N, nucleus; rER, rough endoplasmic reticula; Sh, sperm head; Sp, spermatozeugmata; St, sperm tail.

4. 정포의 형태 및 구조

체외로 방출된 인상어 정포는 길이 약 $100\ \mu\text{m}$ 의 오렌지 과립 형태였다. 광학입체현미경에서 정포는 얇은 피막을 가지는 것으로 보였다(Fig. 1-C). 하지만 표본제작 후 광학 및 투과전자현미경하에서 피막은 전혀 관찰되지 않았으며, 정자의 두부는 정포의 주변부를 향하고 있었으며 정자의 미부는 정포의 중심에 위치하고 있었다. 투과전자현미경 표본에서 하나의 정포 내에서 정자 미부의 횡단면은 약 1,500~1,700개가 관찰되었다(Fig. 1-D and E). 그리고 이들 정포 내의 정자 사이의 공간에서는 방출 전 정소 소낭 내 완숙정자들 사이에서 관찰되는 전자밀도가 낮고 막을 가진 부정형의 결합성 물질들을 관찰할 수 있었다(Fig. 1-F).

고 찰

경골어류의 정소형태 및 구조는 그들의 생식생태에 따라 변이가 다양하지만, 경골어류의 정소는 구조에 따라 크게 세관형(tubular type)과 소엽형(lobular type)으로 구분되는데, 세

관형은 주로 정포(spermatozeugmata 또는 spermatophore)를 형성하는 체내수정형 어류에서 볼 수 있는 구조이다(Billard et al., 1982).

본 연구에서 인상어 정소는 세관형으로 나타났는데, 이와 같은 세관형의 정소를 가지는 어류로는 *Cymatogaster aggregata*(Wiebe, 1968), *Amea splendens*, *Atenobius toweri*, *Characodon lateralis*, *Xenotoca eiseni*(Grier et al., 1978), *Mimagoniates barberi*(Pecio & Rafinski, 1994), 망상어, *Ditrema temmincki*(Lee et al., 1995) 그리고 볼락, *Sebastes inermis*(Lee, 1996) 등이 보고되었다.

대부분 수서동물의 정자는 정액에 분산 현탁된 상태로 체외로 방출되지만, 일부 수서동물의 경우 정자들은 정포 형태로 교미를 통하여 암컷의 생식기관내로 전달된다. 이와 같은 정포의 형성은 다수의 정자를 보다 효율적으로 암컷의 체내에 전달하기 위한 수단으로 판단된다(Gardiner, 1978).

정포는 연구자에 따라 sperm-ball(Mizue, 1969; Lee & Kim, 1992; Chang et al., 1995), spermatophore(Gardiner, 1978; Lee et al., 1996) 및 spermatozeugmata(Grier et al., 1978; Pecio & Rafinski, 1994) 등의 용어로 사용되어 왔다.

Pratt & Tanaka(1994)는 관새어류의 정포를 피막을 가지거나 내부 기질이 의해 정자들이 무리 지워진 형태인 spermatophore와 피막이나 내부 기질이 없는 형태인 spermatozeugmata로 구분하였다. 그리고 Pecio & Rafinski(1994)는 spermatophore는 피막을 가지는 형태이며, spermatozeugmata는 피막이 없는 형태로 규정하였다.

이처럼 정포에 관한 용어의 사용에는 연구자들 사이에 다소 차이가 있으므로 추후 이들 용어의 정립이 필요하다. 그리고 정포에서 피막의 유무에 관한 생태적인 차이는 정포의 암컷 생식기관내의 잠복시기 등 각 종의 고유한 생식생태와 연관이 있을 것으로 추측되지만 정확한 정보에 관해서는 추후의 상세한 연구가 필요하다.

어류 가운데 정포를 형성하는 종으로는 경골어류인 Characidae에 *Mimagoniates barberi*(Pecio & Rafinski, 1994)와 *Argopleura chocoensis*를 비롯하여 31종(Burns et al., 1995), Embiotocidae의 *Cymatogaster aggregata*(Gardiner, 1978)와 망상어, *Ditrema temmincki*(Lee et al., 1996), Hemirhamphidae의 *Nomurhamphus*, *Dermogenys*, *Hemirhamphodon*(Dowing & Burns, 1995) 그리고 Scorpaenidae의 볼락, *Sebastes inermis*(Lee & Kim, 1992)와 황점볼락, *S. oblongus*(Chang et al., 1995)가 보고되었고, 연골어류인 *Squalus acanthias*, *Hydrolagus colliciei*, *Carcharhinus limbatus*, *C. Plumbeus*, *C. falciformis*(Pratt & Tanaka, 1994)에서 보고되었다.

그리고 수서 무척추동물에서는 이매패류인 *Mysella tumida* (Ó Foighil, 1985), *Ostrea edulis* (Ó Foighil, 1989), 다모류인 *Micromaldane* spp. (Rouse, 1992), 갑각류인 *Penaeus indicus*, *Metapenaeus monoceros* (Sasikala & Subramoniam, 1987), *Pentrolisthes*, *Polyonyx* (Tudge & Jamieson, 1996), *Metopograpsus messor* (Anilkumar et al., 1999) 등의 많은 종에서 보고되어 있다.

경골어류 정포의 형태 및 형성과정에 관해서는 *Cymatogaster aggregata* (Gardiner, 1978)를 비롯하여 일부 종에서 보고되고 있으나, 체외로 방출된 정포의 형태 및 구조에 관해서는 명확하게 보고되어 있지 않은데, 이는 수컷으로부터 직접 암컷의 체내로 정자를 전달하는 과정에서 정포를 얻기 힘들기 때문으로 생각된다.

정포의 크기 및 한 개의 정포가 가지는 완숙정자의 수에 관해서는 Embiotocidae에 속하는 *Cymatogaster aggregata*의 수정관에서 주사전자현미경으로 관찰된 정포의 크기는 길이 60 μm , 폭 30 μm 로서 얇은 피막을 가지며, 한 개의 정포가 가지는 완숙정자의 수는 약 600개로 보고되었다 (Gardiner, 1978).

본 연구에서 인상어의 체외로 방출된 정포는 오렌지 과립의 형태로 길이는 약 100 μm 이며, 정세관의 내강, 저정낭 그리고 체외로 방출된 정포에서 피막구조는 없었다. 그리고 하나의 정포가 가지는 완숙정자의 수는 정확히 파악하기는 힘들었지만, 각각의 투과전자현미경 표본에서 정자 미부의 횡단면이 1,500~1,700개가 관찰되었다. 따라서 인상어의 정포 한 개가 가지는 정자의 수는 최소 1,500개 이상이라는 것을 간접적으로 파악할 수 있었고 이는 같은 Embiotocidae에 속하는 *Cymatogaster aggregata*의 정포가 가지는 정자의 수보다 많은 것을 보여주는 결과였다.

본 연구 결과에서 광학입체현미경 관찰에서 정포는 얇은 피막을 가지는 것으로 관찰되었으나, 표본제작 후 광학 및 투과전자현미경하에서는 피막이 관찰되지 않았는데, 이는 외부형태의 관찰 시 정포 외부와 내부사이의 밀도차에 의한 빛의 굴절률의 차이 때문인 것으로 생각된다.

정포의 기원과 형성은 수컷의 생식기관 가운데 수정관과 세르톨리 세포 혹은 정소 소낭 세포들이 주로 관여하는 것으로 알려져 있다. Embiotocidae (Nelson, 1984)에 속하는 *Cymatogaster aggregata*의 경우에는 정자형성과정이 완료된 후 정자들이 체외로 방출될 때 수정관 상피세포에 의해서 분비된 단백질성 물질이 정포를 형성한다 (Gardiner, 1978). 그리고 Horaichthyidae (Nelson, 1984)에 속하는 *Horaichthys setnai*의 경우에는 정소가 성숙함에 따라 Sertoli cell의 분비양상이 증가되고 여기에서 분비된 단백질성의 정자결합물질이 정세관

의 소낭내로 유입되어 정포가 형성된다는 것이다 (Grier, 1984).

본 연구 결과 인상어의 경우에는 생식 세포의 발달과 함께 정소 소낭을 구성하는 소낭 세포의 분비양상이 활발해짐으로서 소낭 세포에서 유래된 과립상의 물질이 정소 소낭에 유입되어 생식 세포를 서로 결합시켜 결국 하나의 정소 소낭에서 하나의 정포가 만들어지는 것으로 조사되었으며, 소낭 세포의 분비양상은 후기 정세포분화 시기에 가장 왕성한 것으로 나타났다.

인상어에서 이처럼 정소 소낭 내에서 정포가 형성된다는 결과를 뒷받침할 수 있는 증거로는 방출 전 정소 소낭 내에서 정자의 배열과 방출 후 정포에서 정자의 배열이 일치하는 점, 정자형성과정 동안 정소 소낭 세포에서 분비된 물질과 방출 전 소낭내 정포에서 관찰된 물질 그리고 방출 후 정포에서 관찰된 정자 결합물질의 형태, 구조 및 전자밀도의 일치 그리고 수정관에서 관찰된 정포와 체외로 방출된 정포들이 모두 피막을 가지지 않는다는 것이다.

암컷의 생식기관내로 전달된 정포의 운명은 교미 후 수정까지 잠복기를 가지거나 또는 잠복기를 가지지 않는 어류에서 서로 다를 것으로 생각된다. 하지만 교미 후 정포의 운명에 관한 명확한 연구가 없으므로 인상어를 비롯한 정포 형태로 정자를 전달하는 많은 체내수정 어류의 생식생태를 충분히 이해하기 위해서는 정포의 운명에 관한 추후 연구가 필요할 것이다.

인용문헌

- Anilkumar G, Sudha K, Subramoniam T (1999) Spermatophore transfer and structure in the brachyuran crab *Metopograpsus messor* (Decapoda: Grapsidae). *J Crusta Biol* 19:361-370.
- Billard R, Fostier A, Weil C, Breton B (1982) Endocrine control of spermatogenesis in teleost fish. *Can J Fish Aquat Sci* 39:65-79.
- Burns JR, Weitzman SH, Grier HJ, Menezes NA (1995) Internal fertilization, testis and sperm morphology in glandulocaudine fishes (Teleostei: Characidae: Glandulocaudinae). *J Morphol* 224:113-145.
- Chang YJ, Lim HK, Byun SG (1995) Gonadal maturation and reproductive cycle in oblong rockfish, *Sebastes oblongus*. *J Aquacult* 8:31-46.
- Downing AL, Burns JR (1995) Testis morphology and spermatocyeugmata formation in three genera of viviparous halfbeaks:

- Nomorhamphus*, *Dermogenys*, and *Hemirhamphodon* (Teleostei: Hemiramphidae). *J Morphol* 225:329-343.
- Gardiner DM (1978) The origin and fate of spermatophores in the viviparous teleost *Cymatogaster aggregata* (Perciformes: Embiotocidae). *J Morphol* 155:157-172.
- Grier HJ (1984) Testis structure and formation of spermatophores in the atherinomorph teleost *Horaichthys setnai*. *Copeia* 1984:833-839.
- Grier HJ, Fitzsimons JM, Linton JR (1978) Structure and ultrastructure of the testis and sperm formation in goodeid teleosts. *J Morphol* 156:419-438.
- Lee JS (1996) Ultrastructural study on spermatogenesis of rockfish, *Sebastes inermis* (Pisces: Scorpaenidae). *Korean J Electron Microscopy* 26:267-275.
- Lee JS, An CM, Chin P (1995) Sexual maturation of viviparous teleost surfperch, *Ditrema temmincki*. *Korean J Ichthyol* 7:150-159.
- Lee JS, An CM, Chin P (1996) Copulation and embryonic development of the viviparous teleost surfperch, *Ditrema temmincki*. *J Korean Fish Soc* 29:26-34.
- Lee JS, Chung EY (1997) Electron microscopical study on development of the male germ cell in *Neoditrema ransonneti* (Teleostei: Embiotocidae). *Bull Yosu Nat'l Fish Univ* 11:149-158.
- Lee TY, Kim SY (1992) Reproduction and embryonic development within the maternal body of ovoviviparous teleost, *Sebastes inermis*. *Bull Korean Fish Soc* 25:413-431.
- Mizue K (1969) Electron-microscopic study on spermatogenesis of black sailfin molley, *Mollienesia latipinna* LE SVERP. *Bull Fac Fish Nagasaki Univ* 28:1-17.
- Nelson JS (1984) *Fishes of the world*. 2nd ed. A Wiley-Interscience Pub., New York, pp 523.
- Pecio A, Rafinski J (1994) Structure of the testes, spermatozoa and spermatozeugmata of *Mimagoniates Garberi* Regan, 1907 (Teleostei: Characidae), an internally fertilizing, oviparous fish. *Acta Zool* 75:179-185.
- Pratt HL Jr, Tanaka S (1994) Sperm storage in male elasmobranchs: A description and survey. *J Morphol* 219:297-308.
- Rouse GW (1992) Ultrastructure of sperm and spermathecae in *Micromaldane* spp. (Polychaeta: Capitellida: Maldanidae). *Mar Biol* 113:655-668.
- Sasikala SL, Subramnoam T (1987) On the occurrence of acid mucopolysaccharides in the spermatophores of two marine prawns, *Penaeus indicus* (Milne-Edwards) and *Metapenaeus monoceros* (Fabricius) (Crustacea: Macrura). *J Exp Mar Biol Ecol* 113:145-153.
- Tudge CC, Jamieson BGM (1996) Spermatophore and spermatozoal morphology in the porcellanidae. II. The genera *Petrolisthes* and *Polyonyx* (Decapoda: Anomura). *J Crust Biol* 16:535-546.
- Wiebe JP (1968) The reproductive cycle of the viviparous sea-perch, *Cymatogaster aggregata* Gibbon. *Can J Zool* 46:1221-1234.
- Ö Foighil D (1985) Sperm transfer and storage in the brooding bivalve *Mysella tumida*. *Biol Bull* 169:602-614.
- Ö Foighil D (1989) Role of spermatozeugmata in the spawning ecology of the brooding oyster *Ostrea edulis*. *Gamete Res* 24:219-228.