

한국산 녹색 말거머리 (*Whitmania edentula*)의 정자형성에 관한 미세구조

장 남 섭 · 한 종 민
목원대학교 이공대학 생물학과

Ultrastructural Study on the Spermatogenesis of the Korean Leech, *Whitmania edentula*

Chang, Nam Sub and Jong Min Han
Department of Biology, Mokwon University, Taejon 301-729, Korea
(Received August 6, 1997)

ABSTRACT

The spermatogenesis of korean leech, *Whitmania edentula* was observed, using both light and electron microscopes. The spermatogonium and maturing spermatozoon are connected with long cytoplasmic process to the cytophore, which supplies nutrition to the germ cells and supports synchronous maturity. The truck of korean leech is divided into three regions; a long ladder-shaped acrosome and head, long middle piece and long tail. Long head region twists to the dextral helix, and nuclei are surrounded with microtubules (manchette).

The nebenkern formed with long mitochondrion exists in the middle pieces, and a long tail of *Whitmania edentula* ($9 \times 2 + 1$ axoneme) differs from the $9 \times 2 + 2$ axoneme of *Rhynchobdellae*. The late cytophore is mostly formed with crystalloid matter and a number of lysosomes, and matured spermatozoons are engulfed into the late cytophore.

Key words : Ultrastructure, Spermatogenesis, Leech

서 론

거머리류의 생식기관 및 정자형성에 관한 전자현미경적 연구는 *Hirudo medicinalis* (Nekhaev, 1957, 1959)를 위시해서 많은 거머리류 (*Hirudo medicinalis*, Brake, 1958; *Glossiphonia complanata*,

Damas, 1968; *Pissicola geometria*, Malecha, 1975; *Dina lineata*, Bonet and Molinas, 1988)에서 보고되었다.

특히 전첨체 (anterior acrosome)와 후첨체 (posterior acrosome) 등 한 정자내 두 첨체를 지니고 있는 *Haementeria depressa*에서는 후첨체가 전첨체보다 먼저 생성되는데, 후첨체인 경우 먼저 짧은 관이 핵으

로부터 첨체세포에까지 관상 구조물을 통해 연결되고 그 속에 전자밀도가 높은 과립성 물질들이 생성된 다음 axial rod를 형성하게 된다고 보고되었다(Fernández *et al.*, 1992).

Harant와 Grassé (1959)는 Rhynchobdellid에서 생식공(antrium)의 구조를 밝히고, 정협(Spermatophore)과 생식공과의 밀접한 해부학적 단계를 설명한 바도 있다.

Fernández 등(1992)은 문질목 거머리(*Haementeria depressa*)의 정협(spermatophore)은 흰색이고 1 cm 정도 길이인 긴 구조물 형태를 하고 있으며 그 속에는 많은 정자 무리로 가득 차 있다고 하였다. 또한 정자구속에는 점액을 분비하는 점액세포가 분포되어 있기 때문에 분비된 점액은 정자와 혼합된 다음 배설되는 것으로 관찰되었다.

이에 본 실험에서는 턱거머리목에 속하는 한국산 녹색 말거머리를 대상으로 정자형성과정을 관찰하고 연구하여 그 결과를 문질목 거머리에서의 연구결과와 비교 고찰하고자 본 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

1997년 4월경 충남 홍성군 홍성읍 흥북면에 소재한 논에서 한국산 녹색 말거머리(*whitmania edentula*)를 채집하여 실험실로 운반한 후 실험재료로 사용하였다.

거머리가 수축하는 것을 방지하기 위하여 30% 알콜로 마취를 행한 후 해부하여 관찰 부위인 정소를 떼어낸 다음, 2.5% paraformaldehyde-3% glutaraldehyde (인산완충용액, pH 7.3)용액에 2시간 전고정을 하고 인산완충용액(pH 7.3)으로 5분씩 3회 세척하였다. 1% OsO₄ (인산완충용액, pH 7.3)에 2시간 후고정하고 아세톤에 상승농도순으로 탈수한 다음 epon 812에 포매하였다. 이어 초박절편기(LKB-V ultramicrotome)를 사용하여 1 μm 두께의 절편을 만들고 이를 methylene blue와 basic fuchsin으로 이중염색(이하 m-b 이중염색이라고 칭함) 하였으며, 광학현미경에서 정확한 부위를 확인한 다음 초박절편을 만들었다. 초박절편은 uranyl acetate와 lead citrate로 이중 염색한 후, 투과전자현미경(JEM 100CX-II,

80 kV)로 관찰하였다.

결 과

녹색 말거머리(*whitmania edentula*)의 생식기관인 붉은 색의 정소는 몸의 좌우 양측에 6~10쌍 정도씩 존재하며(종에 따라 다름), 그 주위에는 흰색인 2개의 긴 난소가 존재하는 자동동체성 동물이었다. 광학현미경 관찰에서 정소내부에 많은 어린 정자와 성숙된 정자들이 세포협체(cytophore)에 연결되어 있는 영양계(clone)형태로 존재하면서 성숙, 발달하고 있었다.

1. 초기 영양계(early clone) 및 정원세포(spermatogonia)

초기 영양계는 세포협체(cytophore)가 비교적 긴 타원형이거나 가운데가 약간 잘룩한 모양을 하고 있고, 그곳에는 많은 정원세포(spermatogonia)들이 굴곡진 긴 세포질돌기를 통해 연결되어 있었다(Fig. 1). 전자현미경 관찰에서 정원세포들은 많은 과립상의 이질염색질들을 포함하고 있는 원형 또는 불규칙한 형태의 큰 핵을 소지하고 있었으며, 핵질의 중앙에는 비교적 둥근 형태의 핵소체도 포함하고 있었다. 핵을 둘러싸고 있는 약간의 세포질에는 Golgi체가 관찰된 바 있으나 세포질의 대부분은 매우 단순하였고 두텁고 긴 세포질에 의해 다른 정원세포와 연결되었거나 세포협체에 연결되어 있었다. 핵을 둘러싸고 있는 단순한 세포질과는 달리 세포협체에 연결된 긴 세포질 속에는 많은 수의 타원형 또는 막대형의 사립체들로 점유되어 나타나는 특징을 보였다(Fig. 2).

2. 정모세포(spermatocyte)

정모세포는 정원세포와 그 크기와 모양에 있어 거의 비슷하였지만 핵의 형태는 매우 달랐다. 전자밀도가 낮은 핵질속에는 흩어져 있던 염색질들이 중앙에서 응집되어 전자밀도가 높은 큰 덩어리를 형성하였으며 흰반점들이 그 내부에서 관찰되기도 하였다. 그러나 정원세포와는 달리 세포질 돌기들은 세포협체에서 대부분 분리되어 있고, 그 내부에는 긴 타원형의 많은 사립체들이 존재해 있었다(Fig. 3).

3. 중기 영양계 (mid clone) 및 초기 정세포 (early spermatid)

중기 영양계는 초기 영양계와는 달리 세포협체가 타원형으로서 그 크기도 초기 영양계에 비해 대부분 컸다 (Fig. 5). 세포협체에는 초기 정세포 (early spermatid)들이 가는 세포질돌기에 의해 결합되어 있거나 분리된 상태로 있었고 (Fig. 6) 정세포들의 모양은 길쭉한 타원형이거나 약간 불규칙한 모습을 하고 있었다. 이들이 소지하고 있는 핵은 그 크기가 매우 크고 세포의 외각 형태를 나타내고 있으며 핵질은 전자밀도가 낮아서 비교적 밝게 보였고, 사립체 형태의 염색질 과립들이 핵과 가까이 접근해 있었다 (Figs. 4, 6, 7 and 8). 또한 핵 주위 세포질속에는 많은 사립체가 합체되어 한 개의 큰 Nebenkern을 형성하였으며 (Fig. 9), 이들 주위에는 몇 겹의 납작한 골지체가 층판을 이루면서 발달해 있었다. 이들의 성숙면 (mature face) 이행소포 (transitional vesicle)속에는 점차 내용물이 농축되고 침체 형성이 일어나고 있었으며 (Figs. 8 and 10), 세포질의 하단에는 원위 중심소체가 출현하여 긴 축색의 형성이 시작되고 있었다 (Figs. 6 and 7).

4. 후기 영양계 (late clone) 및 성숙정자 (spermatozoa)

후기 영양계의 세포협체는 둥글고, 중기 영양계의 세포협체에 비해 약간 컸다. 이들은 m-b 이중염색에서 특히 methylene blue에 강하게 염색되었는데 (Fig. 13) 전자현미경 관찰에서는 그 내부에서 많은 결정체 양 물질과 용해소체들의 존재가 확인된 바 있다. 이들은 영양계 내부 물질들을 자체 붕괴시키거나 성숙 정자들을 흡수 포식하는 것으로 생각되었다 (Fig. 14). 또한 후기 영양계 주위에서 관찰된 성숙 정자들은 매우 길어서 막대모양이었고, 사다리 모양의 침체와 핵은 우축회전성 나선형으로 꼬여 있었다 (Figs. 11 and 12). 반면 중편은 한 개의 사립체로 형성되었는데 꼬인 부분은 없었지만 매우 길게 늘어나 있고 (Fig. 15), $9 \times 2 + 1$ 형 축사 (axoneme) 꼬리부와 연결되어 나타났다 (Fig. 18). 이들의 중단면 특히 핵을 포함하고 있는 머리부위 (Fig. 16)와 크리스타 (cristae)가 발달

된 사립체를 포함하고 있는 중편부위 (Fig. 17)는 그 주위가 미세소관 (manchette)들로 둘러싸여 있었다.

5. 정소의 내벽 (wall of testis)

정소의 내벽은 섬모와 미세융모가 다발을 이루는 내피조직들이 여러 부위에서 관찰되었는데 이들은 m-b 이중염색에서 특히 methylene blue에 강하게 염색되는 현상을 보였다 (Fig. 19). 전자현미경 관찰에서는 내피조직 속의 글리코겐 입자들이 많은 사립체와 더불어 관찰되었으며 내벽의 상단부위에는 섬모와 미세융모가 복잡하게 혼재되어 발생하였지만, 성숙 정자가 내벽의 세포질에 머리를 박고 있는 현상은 확인되지 않았다 (Fig. 20).

고 찰

한국산 녹색 말거머리 (*whitmania edentula*)는 턱거머리목 (Gnathobdellae) 거머리과 (Hirudinidae)에 속하는 동물로서 말거머리 (*whitmania pigra*)와 함께 한국의 논이나 숲에서 많이 서식하고 있는 동물이다. 거머리는 자웅동체성으로서, 응성생식기관인 정소를 편평한 몸의 좌우에 4~6쌍 또는 9~10쌍씩 각각 소지하고 있는데, 종에 따라 각기 그 수가 다양하다. 즉, Euhirudinea의 아강 Rhynchobdellid에 속하는 Pisciolidae나 Glossiphoniidae는 전자와 같았으나 같은 아강이라도 Arhynchobdellid는 후자와 같았다.

본 실험의 *whitmania edentula*도 10쌍의 정소를 소지하고 있어 Arhynchobdellid와 같았으며 붉은 색조를 띠고 있었다. Fernández 등 (1992)은 Hirudinea에서 거머리의 정소는 짧은 수출관에 이어 길고 곧바른 종주관인 수정관을 통해 사정관과 음경으로 연결되어 있지만, *Hirudo medicinalis*인 경우에는 수정관이 굴곡져 있고 짧은 부정소와 사정관을 통해 음경으로 연결되어 있어 거머리의 종에 따라서 응성 생식기관이 다양한 구조를 보인다고 하였다.

Haementeria depressa (Fernández, 1992)는 Rhynchobdellid의 Glossiphoniidae에 속하는 종으로 *Hirudo medicinalis*와는 달리 수정관이 곧으며, 적당이 굴곡진 정낭에 이어 심한 굴곡을 보인 사정관으로 이어지고, 음경은 없으며 그냥 생식공으로 열려 있

다고 하였다.

Fernández 등(1992)은 *Haementeria depressa*에서 정원세포(spermatogonia)가 정소의 종상피에서 기원된다고 했는데, 이는 전에 Damas(1968)가 *Glossiphonia complanata*에서, O'Donovan과 Abraham(1987)이 *Placobdella costa*에서 언급한 바 있는 정소내강의 섬모세포들과 일치한다 하겠다. 이들은 벽세포에 속하는 섬모세포가 서서히 섬모가 소실되고 둥글게 형태 변화를 한 후 정소 내강속으로 용출된다고 하였다. 용출된 세포는 서양배(pear-shaped cell)형태의 세포 즉 clone으로 변한 후 계속 세포분열을 하여 *Hirudo medicinalis*(Harant and Grasse, 1959)에서는 2⁸ 즉 256세포기에, 또한 *Dina lineata*(Bonet and Molinas, 1988)에서는 2⁹ 즉 516세포기에 각각 정세포(spermatid)를 형성한 바 있다고 보고되었다. 그러나 *whitmania edentula*를 재료로 한 본 실험에서는 정소내강에서 섬모와 미세융모가 혼합발생한 세포 즉 섬모세포의 존재가 정소내강의 여러 곳에서 확인된 바 있지만 이들이 정원세포로서의 용출현상을 나타내지는 직접 확인된 바 없었다.

Damas(1968)는 역시 *Glossiphonia complanata*에서 많은 생식세포들과 결합되어 있는 세포협체(cytophore)가 이른 봄의 개체에서는 무핵인 경우가 대부분이지만 겨울 개체에는 핵이 존재하는 발달된 세포협체를 형성한다고 보고하였다. 그러나 본 실험에서는 생식세포와 결합된 세포협체가 m-b 이중염색에서 주로 검게 염색되었으며 전자현미경을 사용한 겨울 개체에서도 용해소체 이외에 관찰된 세포소기관은 별로 없었다.

O'Donovan과 Abraham(1987)은 *Pkocobdella costata*의 정소내강세포를 섬모세포와 공포세포(vacuolate cell)로 구분 관찰한 바 있는데 특히 섬모세포는 풍부한 사립체와 자유리보솜 등 세포소기관의 발달이 공포세포에 비해 특징적으로 많이 나타난 바 있다고 하였다. 그러나 본 실험에서는 공포세포가 정소내강을 감싸는 결합조직내의 관상 구조물속에서만 관찰되어, 공포세포의 위치는 종에 따라 다양하게 나타나고 있었다.

Damas(1968)는 *Glossiphonia complanata*에서, 그리고 Patisson(1977)은 *Hirudo medicinalis*에서

정소내강액속에 떠있는 세포협체(cytophore)를 장미꽃 형태의 구조물(rosette구조물)이라 칭하였다. 이는 많은 생식세포들이 세포협체에 붙어있는 모습을 나타낸 것으로, 본 실험에서도 관찰, 확인되었다. 이처럼 많은 어린 생식세포가 세포협체를 중심으로 연결된 것은 생식세포에 영양을 공급함에 있어 보다 효율적이고, 또한 생식세포의 성장발육에도 동시성을 부여하기 위함이라는 연구 결과(Adiyodi and Adiyodi, 1983; Roosen-Runge, 1977)가 있었고, 정자의 성숙이 완료되면 후기 영양계가 서서히 분해되고 결국 후기 영양계가 있던 자리에 많은 정자들로 이루어진 둥근 다발들이 형성된다는 연구 결과도 있었다(Fernández et al., 1992). 그러나 본 연구에서는 정자가 성숙된 후에, 후기 영양계의 분해가 일어나기 앞서 잉여 정자들의 탐식작용이 먼저 일어나는 것으로 관찰되어, Fernández 등(1992)의 연구결과와는 많은 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 세포협체는 다른 동물인 경우 sertoli세포가 수행하는 기능을 담당할 것이라는 연구 결과도 있었다(O'Donovan & Abraham, 1987).

녹색 말거머리는 정모세포에서 초기 정세포(early spermatid)가 될 때, 사립체가 서로 합체되어 그 수가 하나가 될 때까지 점점 감소하는 대신 형태는 크게 증가하였다. 또한 편모의 발생도 Golgi복합체와 침체소포가 형성된 초기 정세포의 기저부에서 발생이 시작되었으며 중기 정세포에서는 염색질의 농축이 일어나고 전자밀도가 높은 물질로 변화하였다. 또한 미세소관으로 이루어진 만셋트(manchette)는 핵과 사립체 그리고 침체까지도 전체를 둘러싸고 있는 시기로 확인된 바 있는데(Malecha, 1975; Fernández et al., 1992), 특이하게도 본 실험의 *whitmania edentula*의 중기 정세포에서는 핵내 염색질의 뚜렷한 농축이 없어 전자밀도가 비교적 낮게 확인될 뿐이었다.

그러나 핵과 사립체 주위에서 만셋트의 존재는 분명히 확인되었다. 또한 Fernández 등(1992)은 중기 정세포에서 침체가 형성될 때 핵주위에서 전침체(anterior acrosome)와 후침체(posterior acrosome)가 각각 형성되는데 전침체에 비해 긴 사다리 모양의 후침체가 먼저 형성된다고 하였다.

녹색 말거머리의 성숙된 정자는 우측 회전성 나선형의 가늘고 긴 사상형인데, 이는 이미 거머리 정자가

결합조직 속을 통과하기 위한 특유한 형태변화로 생각된다는 보고도 있었다(Fernández *et al.*, 1992). 특히 이들 정자는 나선형의 침체와 핵을 포함하는 긴 머리와, 한 개의 사립체로 구성된, 길고 가는 중편 그리고 $9 \times 2 + 2$ 축사로 형성된, 긴 꼬리 등으로 구성되어 있으며 그 중 머리와 가슴부위는 상당한 정도의 나선형을 나타내거나 파상형(*Haementeria depressa*)을 나타낸 경우도 있다고 하였다. 특히 성숙된 정자에서 핵의 우측 회전성 나선형은 single이거나 double 또는 triple helix형(Damas, 1974; Garavaglia *et al.*, 1974; Malecha, 1975; Wissocq and Malecha, 1975; Bonet and Molinas, 1988) 등 다양한 형태로 존재하고 있음도 밝혀졌다.

*Whitmania edentula*를 대상으로 한 본 연구에서도 성숙 정자가 긴 머리 우측 회전성 나선형을 나타내고 이들의 침체는 긴 사다리 형태로 관찰되어 Melecha (1975)나 Fernández 등(1992)의 연구결과와 같았으나, 꼬리를 형성하는 축사는 $9 \times 2 + 1$ 형으로 밝혀져 *Haementeria depressa* (Fernández *et al.*, 1992)와 *Piscicola geometra* (Melecha, 1975)의 $9 \times 2 + 2$ 형 축사와는 그 형태가 달랐다.

결 론

한국산 녹색 말거머리(*whitmania edentula*)의 정자형성과정을 전자현미경으로 관찰한 결과는 다음과 같다. 한국산 녹색 말거머리 정원세포와 성숙중인 정자들은 초기 및 중기 영양계인 세포협체(cytophore)에 긴 세포질을 통해 연결되어 있어 영양공급은 물론 성숙과정에도 동시성을 유지할 수가 있었다. 한국산 녹색 말거머리는 사다리 모양의 긴 침체와 머리부위, 긴 중편부위 그리고 긴 꼬리부위 등 3부분으로 나눌 수 있었고 머리부위는 나선형으로 길게 꼬여 있으며 미세소관(manchette)들이 핵과 침체주위를 감싸고 있었다. 중편은 한개의 긴 사립체가 nebenkern을 형성하고 있었으나 곧바로 꼬여있지 않았다. 꼬리는 길며 $9 \times 2 + 1$ 축사를 보이며, 문질목 거머리의 $9 \times 2 + 2$ 축사와는 달랐다. 후기 영양계는 대부분 용해소체와 결정양 소체들로 이루어져 있으며, 성숙 정자들을 분해 또는 포식하는 것으로 관찰되었다.

참 고 문 헌

- Adiyodi KG, Adiyodi R, 1983. Reproductive biology of invertebrates. Vol. II: Spermatogenesis and sperm function, Chichester New York: John Wiley and Sons press
- Bonet S, Molinas M, 1988. Ultrastructure of the sperm and spermatogenesis and spermiogenesis of *Dina lineata* (Hirudinea, Erpobdellidae), Gamete Res. 19, 177-190
- Brake Z, 1958. *Hirudo medicinalis* spermatogeneze, Latv. PSR Zinat. Akad. Vestis 3, 99-106
- Damas D, 1968. Les cellules germinales males de *Glossiphonia complanata* L. (Hirudinée, Rhynchobdelle), Origine, évolution et structure. Bull. Soc. Zool. Fr. 93, 375-385
- Damas D, 1974. Etude histologique et histochemique des glandes salivaires de la sangsue medicinale, *Hirudo medicinalis* (Hirudinée, Gnathobdelle), Arch Zool. Exp. Gén. 115, 279-292
- Fernández JV, Tellez V, Olea N, 1992. Microscopic anatomy of invertebrates, ed. W.H Frederick, Vol. VII: Annelida, Wiley-Liss press 323-394
- Garavaglia C, Lamia Donin CL, Lanzavecchia G, 1974. Ultrastructural morphology of spermatozoa of Hirudinea, J. Submicrosc. Cytol. 6, 229-244
- Harant H, Grassé P-P, 1959. Classe des Annelides Achtes ou Hirudinées ou Sangsues. In Grass P-P (ed): Traité de Zoologie. Anatomie Systématique Biologie. Tome V. Annelides, Myzostomides, Sipunculien, Echiuriens, Priapulien, Endoproctes, Phoronidiens. Paris: Masson et Cie Editeurs pp. 471-593
- Malecha J, 1975. Etude ultrastructurale de la spermiogenèse de *Piscicola geometra* L. (Hirudinee Rhynchobdelle), J. Ultrastruct. Res. 51, 188-203
- Nekhaev VM, 1957. The problem of the spermatogenesis in the officinal leech, [In Russian.] Zh. Obshch. Biol. 18, 208-216
- Nekhaev VM, 1959. Annual developmental cycle

- of testes of the leeches *Hirudo medicinalis* L. and *Haemopis sanguisuga* Bergm, [In Russian.] Zool. Zh. 38, 280-282
- O'Donovan P, Abraham M, 1987. Somatic tissue-male germ cell barrier in three hermaphrodite invertebrates: *Dugesia biblica* (Platyhelminthes), *Placobdella costata* (Annelida), and *Levantina hiersolyma* (Mollusca), J. Morphol. 192, 217-227
- Patisson CI, 1977. L'ultrastructure des cellules seminales de la sangsue *Hirudo medicinalis* au cours de leur differentiation. Ann. Sci. Nat. Zool. Paris (12° Ser.) 19, 315-347
- Roosen-Runge R, 1977. The process of spermatogenesis in animals. In Abercrombie M, Newth DR, Torrey JG (eds): Developmental and cell biology series, Cambridge: Cambridge University Press
- Wissocq J-C, Malecha J, 1975. Etude des spermatozoides d'Hirudinées a l'aide de la technique de coloration negative, J. Ultrastruct. Res. 52, 340-361

FIGURE LEGENDS

- Fig. 1.** Light micrograph showing cytophores connected with the spermatogonium. Arrow, spermatogonium; asterisk, cytophore. Scale bar=10 μ m.
- Fig. 2.** Electron micrograph showing enlarged spermatogonium of Fig. 1. Arrow, mitochondria; Cy, cytoplasm; N, nucleus; Nu, nucleolus. Scale bar=2 μ m.
- Fig. 3.** Cross section through the early spermatocytes. N, nucleus. Scale bar=2 μ m.
- Fig. 4.** Electron micrograph showing early spermatids. M, mitochondria; N, nucleus. Scale bar=2 μ m.
- Fig. 5.** Light micrograph showing spermatids connected with the mid clone. Arrow, spermatid; asterisk, cytophore. Scale bar=10 μ m.
- Fig. 6.** Electron micrograph showing mid-stage of spermatids of Fig. 5. Arrow, cytoplasm; M, mitochondria; N, nucleus; open arrow, centriole. Scale bar=2 μ m.
- Fig. 7.** Magnification of Fig. 6. Arrow, tail; G, Golgi complex; N, nucleus. Scale bar=2 μ m.
- Fig. 8.** Electron micrograph showing spermatids containing well developed Golgi complex. Arrow, plasmalemma; G, Golgi complex; N, nucleus. Scale bar=1 μ m.
- Fig. 9.** Cross-section through the spermatids including the enlarged mitochondrion (nebenkern). M, mitochondria; N, nucleus. Scale bar=1 μ m.
- Fig. 10.** Electron micrograph showing concentration of Golgi complex in spermatids. Arrow, acrosomal formation in Golgi vesicles; G, Golgi complex. Scale bar=2 μ m.
- Figs. 11 and 12.** Cross section through the acrosomal formation of late spermatids. Arrow, acrosome; N, nucleus; G, Golgi complex. Scale bar=2 μ m.
- Fig. 13.** Light micrograph shows spermatozoa connected with the late clone. Scale bar=10 μ m.
- Fig. 14.** Electron micrograph showing spermatozoa connected with the late clone. Arrow, crystalloid matter; asterisk, cytophore; open arrow, spermatozoon; Ly, lysosome. Scale bar=2 μ m.
- Fig. 15.** Longitudinal section through the middle piece and the end piece of spermatozoon. Arrow, microtubules; M, mitochondrion; T, tail. Scale bar=1 μ m.
- Fig. 16.** Cross section through the head regions of the spermatozoa. Arrow, nucleus; arrowhead, microtubules. Scale bar=1 μ m.
- Fig. 17.** Cross section through the mid pieces of the spermatozoa. Arrowhead, microtubules; M, mitochondria. Scale bar=1 μ m.
- Fig. 18.** Cross section through the tails of the spermatozoa. Scale bar=1 μ m.
- Fig. 19.** Light micrograph showing an ciliated cell in the testis. Arrow, ciliated cell. Scale bar=10 μ m.
- Fig. 20.** Electron micrograph showing an ciliated cell in the testis. Arrow, cilia; arrowhead, microvilli. Scale bar=2 μ m.









