

오리와 거위의 精子完成과 精子에 관한 電子顯微鏡的 研究

裴大植 · 金鍾旭

忠北大學校 農科大學

Electron-Microscopic Studies on the Spermiogenesis and the Spermatozoa of the Drake and the Gander

Bae Dae-Sik and Jong-Wook Kim

College of Agriculture, Chungbuk National University

Summary

Testes from the drake and the gander have been examined by the electron microscopy in thin sections in order to examine the spermiogenesis and the structure of spermatozoa.

The spermiogenesis can be divided into three stages: early spermatid, nuclear elongation, and matured spermatid.

In the early spermatid of the drake, there are thread-like material in the nucleus, a prominent nuclear envelope around the nucleus, and big lumens in the cytoplasm. The shape of the gander's mitochondria in the early spermatid is slender compared to that of the drake, and the inner membrane of the mitochondria is thicker than the outer membrane. The distal centriole of the drake and the gander in the early spermatid is a long hollow cylinder form.

In the nuclear elongation stage, elongated nucleus forms two or three cross sections in one spermatid cell and it is surrounded by the amorphous sheath.

The nucleus of the matured spermatid is compact and its apical end is covered with acrosome cap and acrosome spine. The axoneme is surrounded by the amorphous material.

I. 緒 論

精子的 完成過程과 構造에 관한 전자현미경적 연구는 哺乳動物에 대하여 활발히 이루어져 Holstein과 Roosen-Runge(1981)의 單行本이나 Fawcett(1975)의 綜說등 훌륭한 것이 많으나 鳥類에 대한 것은 그렇게 많지 않다.

鳥類중 닭의 정자완성과정에 대한 전자현미경적 연구는 Nagano(1959, 1962), McIntosh와 Porter(1967), Tingari(1973),裴와 金(1987)등에 의하여 이루어졌고, 미세구조에 관해서는 Grigg와 Hodge(1949), Lake등(1968), Harris등(1973), Bakst와 Howarth(1975),裴와 金(1987)등의 연구가 있다.

닭 以外の 鳥類에 대하여는 Yasuzumi(1956), Y-

asuzumi등(1956)이 참새 精子細胞(spermatid)의 핵에 있는 染色質에 관하여 기술하고, Sotelo와 Trujillo-Cenoz(1958)도 참새의 鞭毛와 中片部의 形成에 관하여 연구하고, Furieri(1961, 1962, 1962-1963)는 검은새, 방울새 및 참새 정자의 미세구조는 약간의 차는 있으나 기본구조는 같다고 하였다. Nicander(1968, 1970)는 닭과 참새의 정자에 관하여 연구하고, Mattei등(1972)은 비둘기의 정자완성에 대하여, Thurston과 Bielier(1972)는 七面鳥의 정자에 대하여 연구하였다. Maretta(1975)는 오리 정자 중 편부의 이상에 대하여 보고하고, Marchand(1977)는 오리와 같은 亞目에 속하는 Barbary duck(*Cairina moschata L.*)의 정자완성과 미세구조에 대하여 보고하였다. 그러나 오리와 거위의 정자세포나 정

자에 대한 전반적인 전자현미경적 연구는 찾아보기 어렵다.

이에 오리와 거위의 정자세포의 미세구조를 관찰하여 정자완성과 성숙정자에 관한 知見을 얻고자 이 실험을 실시하였다.

II. 材料 및 方法

성숙한 두마리씩의 오리(*Anas platyrhynchos domestica*)와 거위(*Anser domesticus L.*)에서 精巢를 떼어 保温器에 넣은 후, 곧 실험실로 옮겨 精巢의 表層, 深層 및 精巢上體頭部의 세곳에서 조직을 切取하여 glutaraldehyde cacodylate 용액(Jones, 1971)에 담그고 細切하면서 常溫下에서 90분간 前固定한 다음 sucrose cacodylate로 20분씩 세번 씻은 다음 osmium cacodylate로 5°C에서 60분간 後固定하고 다시 sucrose cacodylate로 20분씩 세번 씻은 後 alcohol系列과 propylene oxide로 脫水한 것을 Spurr's resin(Spurr, 1969)에 包埋하여 70°C로 9시간 硬化한 다음 유리칼로 LKB Ultratome V을 써서 超薄切片을 만들어 uranyl acetate와 lead nitrate로 二重染色(Venable and Coggeshall, 1965)하여 Zeiss EM 109로 관찰하였다.

III. 結果 및 考察

정자세포안의 小器官(organelle)의 존재와 消長에 따라 오리와 거위의 精子完成過程은, Mattei 등(1972)의 비둘기 및 裴와 金(1987)의 닭에서의 區分에 準하여, 初期, 核伸長, 成熟의 세 段階로 나눌 수 있다.

1. 初期段階

오리의 초기 정자세포는 타원형의 핵안에 염색질이 군데 군데 모이고 糸狀物質이 보인다(Fig. 1). 필자들이 이때까지 관찰한 여러 포유동물(狒狒; Afz-ehus 등, 1982, 소; 裴와 金, 1984, 염소; 裴와 金, 1985, 돼지; 金, 1986, 캥거루우; 金 등, 1987)뿐 아니라 닭(裴와 金, 1987)에서도 이런 糸狀物質이 관찰되지 않은 점으로 보아 이것은 오리에 特有的 것으로 보인다.

전자밀도가 높지 않은 타원형의 尖體顆粒(acrosomal granule)이 핵표면에 陷入한다(Fig. 2). 오리

정자세포의 核外皮(nuclear envelope)는 유달리 발달하여 핵과 세포질 사이에 넓은 간격을 유지하고(Fig. 3, 4), 핵과 떨어져거나(Fig. 4) 핵에 붙어(Fig. 5) 큰 腔(lumen)이 있고 腔 속에는 小胞(vesicle)가 있는 경우도 있다(Fig. 4). 이와 같이 뚜렷한 核外皮와 큰 腔은 다른 鳥類나 초유동물의 정자세포에서는 관찰되지 않았다.

오리 정자세포의 주위에는 직경 1.3 μ m, 단경 1 μ m인 타원형의 큰 미토콘드리아(mitochondria)가 많이 있고(Fig. 6), 내외막의 두께는 거의 비슷하여 10nm이다. 거위의 미토콘드리아는 장경 1.3 μ m, 단경 0.3 μ m으로 細長하고(Fig. 19) 內膜은 外膜보다 약간 두꺼워 그 두께가 약 20nm이다. 이와 같이 오리나 거위의 초기정자세포 안에 큰 미토콘드리아가 있는 것은 닭의 경우(裴와 金, 1987)와 같이 鳥類의 특징으로 보인다. 거위의 미토콘드리아 內膜의 두께는 닭(裴와 金, 1987)이나 오리의 거의 2배 가깝다.

초기정자세포에서 尾部는 핵에 바로 접하지 않고 핵 주위에 존재한다(Fig. 7). 그 다음 미부는 침체의 반대쪽인 핵에 접촉하여 전자밀도가 높은 半月形의 杯(cupula)를 만든다(Fig. 21). 여기에 近位中心粒(proximal centriole)이 이어지며 이것은 T字形으로 遠位中心粒(distal centriole)과 연결된다(Fig. 10). 핵과 별도로 형성된 미부가 핵에 접근하여 붙게 되는 것은 포유류(Holstein and Roosen-Runge, 1981)와 같다. 杯의 존재는 Mattei 등(1972)이 비둘기에서, 裴와 金(1987)이 닭에서 이미 관찰하였다.

근위중심립의 횡단면은 9개의 三重管(triplet)이 渦狀으로 있는 것 같이 보인다(Fig. 20, 22, 23). 원위중심립은 길이가 오리 1.4 μ m, 거위 1.2 μ m이며 직경은 모두 0.2 μ m으로 오리나 거위나 모두 비슷한 크기를 가진 긴 원통형이다(Fig. 8, 10, 20, 21). 닭(McIntosh and Porter, 1967; Lake 등, 1968; 裴와 金, 1987)이나 비둘기(Mattei 등, 1972)의 원위중심립도 긴 원통형으로 이것은 조류의 특징으로 보인다.

2. 核伸長段階

球形이던 핵이 길게 伸長하면서 구부러져 U字形을 나타내고(Fig. 11), 한 세포안에 두개의 횡단면이나(오리, Fig. 12) 세개의 횡단면(거위, Fig. 24)을 나타낸다. Zlotnik(1941)는 광학현미경으로, 裴와 金(1987)은 전자현미경으로 구부러진 닭 精子細胞의

핵을 관찰하였다. 핵은 無定形의 鞘(amorphous sheath)로 둘러 싸여 있다(Fig. 11, 12). 잉글은 核質이 manchette의 출현과 함께 치밀해 지며 細長해진다(Fig. 13, 14, 25). 거위의 정자세포중 어떤것은 핵의 모양이 棍棒모양인 것도 있다(Fig. 26, 27, 28).

3. 成熟段階

핵은 진하고 細長하며 尖體帽(acrosome cap)와 尖體棘(acrosome spine)이 뚜렷하게 구별된다(Fig. 15, 16). 포유류와 달리 鳥類의 정자에 첨체극으로 구별할 수 있는 부분이 있다는 것은 Grigg와 Hodge(1949), Nugano(1962), Tingari(1973), Bakst와 Howarth(1975), 裴와 金(1987) 등이 닭에서 관찰하였다. Nagano(1962)는 이것이 정자세포의 골지帶의 작은 顆粒에서 발달되었을 것이라 하고 Lake 등(1968)은 이것이 두꺼비精자의 穿頭器(perforatorium)에 相應하는 것이라고 하였다.

중심섬유를 둘러 싸고 있는 내측섬유는 無定形物質(amorphous material)로 싸여 있다(Fig. 17, 18, 29). 내측섬유는 9개의 複微管으로 되어 있는데 個個의 복미관은 속이 차있는 subfiber A와 속이 비어 있는 subfiber B로 되어 있다(Fig. 17). subfiber A는 이웃한 복미관의 subfiber B를 向해 2개의 팔(arm)이 나와 있다. 이 팔은 adenosine triphosphatase(ATPase) 활성을 가진 dynein이라는 단백질로 정자의 운동을 일으키는 作用點이다(Gibbons and Rowe, 1965). 主部の 軸索(axial filament complex)이 포유동물과 달리 섬유초로 둘러 싸이지 않고 무정형물질로 싸여 있는 것은 Lake 등(1968), 裴와 金(1987) 등이 닭에서 관찰하였고, 이런 차이가 포유동물과 조류의 정자의 운동양식의 차이를 초래한다고 Van Duijn 등(1966)이 추측하였다.

이 밖에 정자세포안에서 小脂質滴(small lipid droplet, Fig. 18, 29)과, 環形層板(annulate lamellae)이 관찰되었다(Fig. 30). 환형층판의 존재는 Smith와 Berlin(1977)이 사람의 정자완성과정에서 관찰하였다.

球形이던 오리와 거위의 초기정자세포는 細長化를 거쳐 성숙정자가 되는 것은 닭의 경우(裴와 金, 1987)와 비슷하다. 닭과 다른 점은 오리의 초기정자세포에 核外皮와 腔이, 거위에서 環形層板이, 오리와 거위 모두 小脂肪滴이 관찰된 것이다.

IV. 摘要

성숙한 오리와 거위의 精巢의 表層, 深層 및 精巢上體頭部에서 조직을 切取하여 전자현미경으로 정자완성과정과 정자의 형태를 관찰한 결과는 다음과 같다.

1. 정자세포안의 小器官의 모양과 消長에 따라 오리와 거위의 정자완성과정은 初期, 核伸長 및 成熟의 세단계로 나눌 수 있다.

2. 오리의 초기정자세포의 핵안에는 糸狀物質이 있고 핵주위에는 核外皮가 유달리 발달하고, 세포질안에 큰 腔이 있다.

3. 초기정자세포 단계의 거위의 미토콘드리아의 內膜은 外膜보다 약간 두꺼울뿐 아니라, 내막의 두께는 다른 鳥類의 것보다 거의 배에 가깝다.

4. 초기정자세포의 遠位中心粒은 길이 1.2~1.4 μm , 직경 0.2 μm 의 속이 비고 긴 圓筒形이다.

5. 핵이 伸長化하여 길어진 핵은 구부러져 한 세포안에 2~3개의 횡단면이 보이고 핵의 주위에는 無定形鞘가 있다.

6. 성숙정자세포의 핵은 진하고 상단이 尖體帽과 尖體棘으로 덮여 있다. 尾部的 軸索은 섬유초가 없이 무정형 물질로 둘러 싸여 있다.

V. 引用文獻

1. Afzelius, B.A., R.E. Johnsonbaugh, J.-W. Kim, L. Ploen and E.M. Ritzen. 1982. Spermogenesis and testicular spermatozoa of the olive baboon (*Papio anubis*). J. Submicrosc. Cytol., 14:627-639.
2. Bae, D.S. and J.W. Kim. 1984. Electron microscopic studies on the spermogenesis of the Korean cattle. Korean J. Anim. Reprod., 8:70-78.
3. Bae, D.S. and J.W. Kim. 1985. Electron microscopic studies on the spermogenesis of the Korean goat. Korean J. Anim. Reprod., 9:46-56.
4. Bae, D.S. and J.W. Kim. 1987. Electron-Microscopic studies on the spermogenesis and the spermatozoa of the domestic fowl.

- Korean J. Anim. Sci., in press.
5. Bakst, M.R. and B. Howarth, Jr. 1975. The head, neck and midpiece of cock spermatozoa examined with the transmission electron microscope. *Biol. Reprod.*, 12:632-640.
 6. Fawcett, D.W. 1975. The mammalian spermatozoon. *Devel. Biol.*, 44:394-436.
 7. Furieri, P. 1961. Caratteri ultrastrutturali di spermi flagellati di anfibi eucelli. Studio al microscopio elettronico. *Arch. Zool. ital.*, 46:123-147.
 8. Furieri, P. 1962. Prime osservazioni al microscopio elettronico sull'ultrastruttura degli spermatozoi di *Fringilla coelebs* L. *Boll. Soc. ital. Biol. Sper.*, 38:29-31.
 9. Furieri, P. 1962-1963. La morfologia degli spermi di *Fringilla coelebs* L. e di *Tarentola mauritanica* L. studiata al microscopio elettronico. *Mon. Zool. Ital.*, 70-71:159-174.
 10. Gibbons, I.R. and A.J. Rowe. 1965. Dynein: a protein with adenosine triphosphatase activity from cilia. *Science*, 149:424-426.
 11. Grigg, G.W. and A.J. Hodge. 1949. Electron microscopic studies of spermatozoa. I. The morphology of the spermatozoon of the common domestic fowl (*Gallus domesticus*). *Austr. J. Sci. Res.*, B 2:271-297.
 12. Harris, G.C., Jr., R.J. Thurston and J. Cundall. 1973. Changes in the ultrastructure of the fowl spermatozoon due to rapid freeze-thaw. *J. Reprod. Fert.*, 34:389-394.
 13. Holstein, A.F. and F.C. Roosen-Runge. 1981. Atlas of human spermatogenesis. Grosse Verlag, Berlin.
 14. Jones, R.C. 1971. Studies of the structure of the head of boar spermatozoa from the epididymis. *J. Reprod. Fert. (Suppl)*, 13:51-64.
 15. Kim, J.W. 1986. Electron microscopic studies on the spermiogenesis of the swine. *Korean J. Elect. Micros.*, 16:1-43.
 16. Kim, J.W., H.R. Harding and C.D. Shorey. 1987. Electron-microscopic studies on the spermiogenesis and spermatozoa of the allied rock wallaby (*Petrogale assimilus*). *Korean J. Elect. Micros.*, 17:1-15.
 17. Lake, P.E., W. Smith and D. Young. 1968. The ultrastructure of the ejaculated fowl spermatozoon. *Q.J. Exp. Physiol.*, 53:356-366.
 18. Marchand, C. -R. 1977. Etude ultrastructurale de la spermatogenese de Canard de Barbarie (*Cairina moschata* L., Oiseau Anatide). *Biol. Cellulaire*, 29:193-202.
 19. Maretta, M. 1975. Structural abnormalities in the middle piece of the drake's spermatozoon tail. *Acta Vet. Acad. Sci. Hungaricae. Tomus*, 25:245-250.
 20. Mattei, C., X. Mattei and J.-L. Manfredi. 1972. Electron microscope study of the spermiogenesis of *Streptopelia roseogrisea*. *J. Submicrosc. Cytol.*, 4:57-73.
 21. McIntosh, J.R. and K.R. Porter. 1967. Microtubules in the spermatids of the domestic fowl. *J. Cell Biol.*, 35:153-173.
 22. Nagano, T. 1959. Spermatogenesis of the domestic fowl studied with the electron microscope. *Arch. Histol. Japan*, 16:311-345.
 23. Nagano, T. 1962. Observations on the fine structure of the developing spermatid in the domestic chicken. *J. Cell Biol.*, 14:193-205.
 24. Nicander, L. 1968. Gametogenesis and the ultrastructure of germ cells in vertebrates. VI Cong. Intern. Reprod. Anim. Insem. Artif. Paris, 1:89-107.
 25. Nicander, L. 1970. Comparative studies

- on the fine structure of vertebrate spermatozoa, *Spermatologia comparata*, Roma-Siena, 1969:47-55.
26. Smith, F.E. and J.D. Berlin. 1977. Cytoplasmic annulate lamellae in human spermatogenesis. *Cell Tissue Res.*, 176:235-242.
 27. Sotelo, J.R. and O. Trujillo-Cenoz. 1958. Electron microscope study of the kinetic apparatus in animal sperm cells. *Z. Zellforsch.*, 48:565-601.
 28. Spurr, A.R. 1969. A low-viscosity epon resin embedding medium for electron microscopy. *J. Ultrastruct. Res.*, 26:31-43.
 29. Thurston, R.J. and H.V. Bielier. 1972. Ultrastructure studies of turkey semen. *Poultry Sci.*, 51:1879 (Abstr.).
 30. Tingari, M.D. 1973. Observations on the fine structure of spermatozoa in the testis and excurrent ducts of the male fowl, *Gallus domesticus*. *J. Reprod. Fertil.*, 34: 255-265.
 31. Van Duijn, C., W. van Rosmalen and C. van Voorst. 1966. Cinemato-graphical model studies of normal and abnormal movements of spermatozoa. *Sonderdruck Res. Film*, 5:622.
 32. Venable, J.H. and R. Coggeshall. 1965. A simplified lead citrate stain for use in electron microscopy. *J. Cell Biol.*, 25: 407-408.
 33. Yasuzumi, G. 1956. Electron microscopy of the developing sperm-head in the sparrow testis. *Exper. Cell Res.*, 11:240-243.
 34. Yasuzumi, G., W. Fujimura, A. Tanaka, H. Ishida and T. Masude. 1956. Submicroscopic structure of the sperm head as revealed by electron microscopy. *Okajimas Folia Anat. Jap.* Part 1-2, 29:133-138.
 35. Zlotnik, I. 1947. The cytoplasmic components of germ-cells during spermatogenesis in the domestic fowl. *Q.J. Micros. Sci.*, 88:353-365.

Figure Legends

Figures 1 to 18. Spermiogenesis of the drake.

Fig. 1. In the early spermatid, the nucleus (N) is oval form which has thread-like material. X7,000.

Fig. 2. The acrosomal granule (AG) contacts to the nucleus pushing inward to the nucleus in the early spermatid. X40,000.

Fig. 3. A prominent nuclear envelope (NE) surrounds the protruded nucleus in the early spermatid. X24,000.

Fig. 4. A lumen (L) containing vesicles (V) is seen in the cytoplasm of the early spermatid. The nuclear envelope is also seen. X40,000.

Fig. 5. A big lumen contacts to the nucleus in the early spermatid. X45,000.

Fig. 6. In the early spermatid, the mitochondria are oval form and the thickness of its outer and inner membrane is similar. X30,000.

Fig. 7. In the early spermatid, the axial filament complex (AFC) protrudes from the round cell while it does not directly contact with the nucleus. X24,000.

Fig. 8. The proximal centriole (PC) contacts with the distal centriole (DC) which is a long hollow

cylinder-form in the early spermatid. X45,000.

Fig. 9. The proximal centriole contacts with the base of the nucleus in the early spermatid. X14,000.

Fig. 10. In the longitudinal section, the proximal centriole connects vertically with the distal centriole. X60,000.

Fig. 11. In the nuclear elongation stage, U-shape nucleus is surrounded by the amorphous sheath (ASH). X24,000.

Fig. 12. The cross section of U-shape nucleus shows two nucleus in one spermatid cell. X18,000.

Fig. 13. The concentration of chromatin has occurred through the presence of the manchette (MA) in the nuclear elongation stage. X30,000.

Fig. 14. The cross section of the proximal centriole shows a whirl-like structure in the nuclear elongation stage. X75,000.

Fig. 15. The longitudinal section of the head shows a long concentrated nucleus in the matured spermatid. X30,000.

Fig. 16. The apical end of the nucleus is covered with the acrosome cap (AC) supported by the acrosome spine (AS, within arrows) in the matured spermatid. X60,000.

Fig. 17. The cross sections of the principal piece show compact subfiber A(A) and hollow subfiber B(B) in the matured spermatid. A subfiber A has two dynein arms (R). The axial filament is surrounded by the amorphous material (AM). X100,000.

Fig. 18. The cross sections of the principal piece show two different images, clear and haze, in the matured spermatid. There are also many small lipid droplets (SL). X60,000.

Fig. 19 to 30. Spermiogenesis of the gander.

Fig. 19. In the early spermatid, the mitochondria (M) is peanut shape and its inner membrane is thicker than the outer membrane. X40,000.

Fig. 20. A transverse section of the proximal centriole (PC) of the early spermatid shows many triplets. The distal centriole (DC) is a long hollow cylinder-form. X45,000.

Fig. 21. The proximal centriole contacts with the nucleus forming a dense cupula (C) in the early spermatid. X24,000.

Fig. 22. In the late stage of the early spermatid, the chromatin distributes evenly in the nucleus. X40,000.

Fig. 23. The transverse section of the proximal centriole shows whirl-like configuration of triplets (T) in the early spermatid. X100,000.

Fig. 24. In the nuclear elongation stage, three cross sections of the nucleus are seen in one spermatid cell. X24,000.

Fig. 25. The concentration of the chromatin has occurred through the presence of the manchette (MA) in the nuclear elongation stage. X14,000.

Fig. 26. A peculiar form of the nucleus is seen in the nuclear elongation stage. X24,000.

Fig. 27. Another peculiar nucleus has the acrosome spine (AS) and the acrosome cap (AC). X40,000.

Fig. 28. A club-shape nucleus is also seen. X40,000.

Fig. 29. The axial filament complex is surrounded by the amorphous material (AM). Small lipid droplets (SL) are also seen. X100,000.

Fig. 30. Annulate lamellae (AL) is seen in the spermatid cell. X40,000.











