

# 山羊 精子的 透過電子顯微鏡에 의한 觀察

康 珉 秀

## Transmission Electron Microscopical Observations of Ejaculated Goat Spermatozoa

Kang, Min-Soo

### SUMMARY

Ejaculated goat spermatozoa were studied by transmission electron microscopy.

The generalized organization of the spermatozoon includes the head with its nucleus and acrosomal cap and the tail with its four anatomic divisions ; the neck, the middle piece, the principal piece and end piece. These general features are apparently necessary for the basic fuctions of the spermatozoon.

The major feature of the head is the oval, fattened nucleus containing the highly compact chromatin, which is protected by an essentially nonporous membrance, is comprised almost entirely of deoxyribonucleic acid(DNA) complexed to specific nuclear proteins known as histones.

The anterior end of the sperm nucleus is colvered by the acrosome a thin, double-layered membranous sac that is closely applied to the nucleus during spermiogenesis.

The tail of the male gamete is composed of the neck and the middle, principal and tail pieces. The neck or connecting piece forms a basal plate that articulates with a depression in the posterior surface of the nucleus. The basal plate of the neck is continuous posteriorly with nine coarse fibers that project posteriorly throughout most of the tail.

The slender neck is higly complex and easily fractured.

The region of the tail between the neck and the annulus is the middle piece. The central core of the middle piece and, for a matter of fack, the entire length of the tail is the axoneme. It is composed of nine pairs of filamlents or microtubules that are arranged radially around two central filaments. In the middle piece this 9+2 arrangement of filaments is surrounded by nine coarse or dense fibers that apper to be associated with the nine doublets of the axoneme.

## I. 緒 論

Leeuwenhoek가 原始的인 顯微鏡으로 精子를 관찰하고 나서 約 300년이 지났다.

그 후 animaculists(精子學派)의 사람들은 小動物이나 小人間이 精子속에 들어 있어서 卵子是 단순히 營養을 공급해 주는데 지나지 않는 것으로 主張했으나 지금 그것을 믿는 사람은 아무도 없다. 그러나 單一細胞로 되어있는 精子만큼 복잡한 構造를 갖는 細胞는 이 외에는 볼 수 없으며 精子는 거의 모든 近代의 細胞構成要素를 갖추고 있다고 해도 좋을 것이다.

電子顯微鏡이 이 방법에 應用되고 나서 約 30년이 되었고 그 사이에 走査電子顯微鏡法, 凍結剖團法 등이 開發되어 微細形態學의 知識이 확대 되면서 점점 自然이 만들어진 精子의 構造에 놀라움을 감추지 못하고 있다.

電子顯微鏡에 의한 Fawcett 등이 一連의 研究로부터 從來의 頭部, 頸部, 尾部에 대하여 精子內部的 構造가 明確化 되어 精子의 背側, 腹側이 區別이 可能해졌고, 또 規則的인 左右非對稱(哺乳動物의 外見은 左右對稱이지만 그 내부구조는 左右非對稱으로 되어 있음)이고 脊椎나 肋骨에 상당하는 것과 같은 것이 精子內에 存在하고 있다는 사실은 그 以前 精子學派 以外的 사람으로서 그 누가 想像이나 했겠는가.

精子의 構造와 機能研究는 一般細胞生物學의 重要한 根本問題解明에 approach 하기 쉽다.

即, (1) 細胞運動: 尾部鞭毛運動 뿐만 아니라 原形質運動, 先體反應에 따른 actin 分子의 關與 等. (2) 細胞融合, 受精現像을 生物의 細胞融合의 하나이지만 특히 後先體部는 初期融合과 認識이 場所로서 그 重要性이 알려져 있다. (3) 分泌顆粒의 生成, 放出: 先體는 一種의 分泌顆粒이며 受精能 獲得의 현상을 포함한 그 膜과 細胞膜과의 融合이나 放出기구. (4) 細胞膜內 粒子: 精子細胞膜內粒子는 그 分布가 特別한 패턴을 나타내는 部分이 있고 그 單一細胞로 있으면서 膜相互의 結合을 나타내는 부분도 있다. (5) 그 외에 遺傳子의 安定化 등 여러가지 重要한 것들을 많이 갖고 있다고 생각된다.

論者는 그 동안 家畜精子(康, 1986a ; 1986b ; 1987 ; 1989)와 實驗動物精子(康, 1988)에 대해 SEM電子顯微鏡으로 觀察하여 微細 構造에 대해 報告 한 바 있다. 본 研究는 山羊精子의 微細構造에 대해 TEM 電子顯微鏡을 써서 觀察하여 얻어진 結果에 대해 報告하고자 한다.

## II. 材料 및 方法

山羊精子는 日本 東北大學 農學部 家畜繁殖學 教室에서 飼育중인 日本在來種 成塾 雄山羊을 供試하여 人工稼法에 의해 採取했다.

射出된 精液은 常法에 따라 檢査를 실시하여 正常的인 精液만을 實驗에 이용하였다.

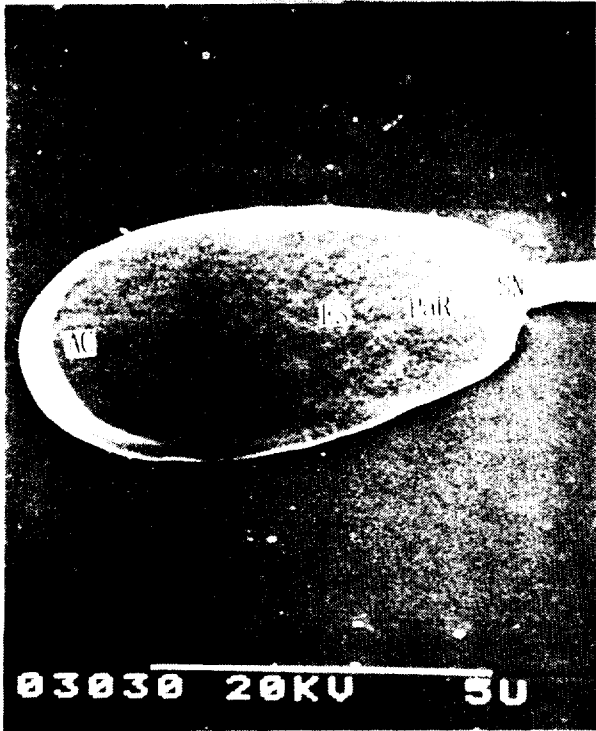
精液檢査를 마친 후 곧 이어서 堀内 等(1978)의 方法에 준하여 透過型電子顯微鏡(TEM) 試料를 만들어 精子의 微細構造를 觀察하였다.

## III. 結果 및 考察

精子의 特徵인 形態는 精子形成(sepermatogenesis)의 最終段階인 精子細胞(spermatid) → 精巢精子(testicular spermatozoon)의 過程에 完成된다. 이 變化를 精子完成(spermiogenesis)이라 부르고 있다. 以後 雌雄生殖道를 經由하여 卵管內에 도달할 때까지 精子는 成塾變化를 마치고 受精能을 획득한다. 이에 따라 精子의 形態에도 부분적인 變化가 생기지만 基本構造는 변하지 않는다.

精子를 顯微鏡으로 관찰하면 頭部(head)와 鞭毛上의 尾部(tail)가 識別된다. 尾部는 中片部(middle piece), 主部(main piece, principal piece), 終部(end piece)로 나뉘지만 機能的 特徵을 강조하는 경우에는 中片部를 독립시켜서 頭部, 中片部, 尾部 또는 頭部와 中片, 尾部로 구분한다. 頭部와 中片部의 接點은 頸部라 부른다.

精子에는 一般細胞에서 볼 수 있는 것과 같은 細胞質이 거의 없고 分裂하거나 成長하거나 할 수 없다. 그러나 代謝能外에도 受精能과 運動能을 갖고 있다. 이들 機能은 精子의 構造와 密接한 關係가 있다(Mann, 1964). 精子頭部の 形態는 卵狀, 鈎狀,



(a)



(b)

Fig. 1. Scanning electron micrographs of spermatozoon head and tails.

(a) Head of spermatozoon, (b) Tails of sperm.

AC, acrosome cap ; ES, equatorial segment ; MS, mitochondrial sheath, PaR. post-tacrosomal cap region ; SN, sperm neck ; ST, sperm tail.

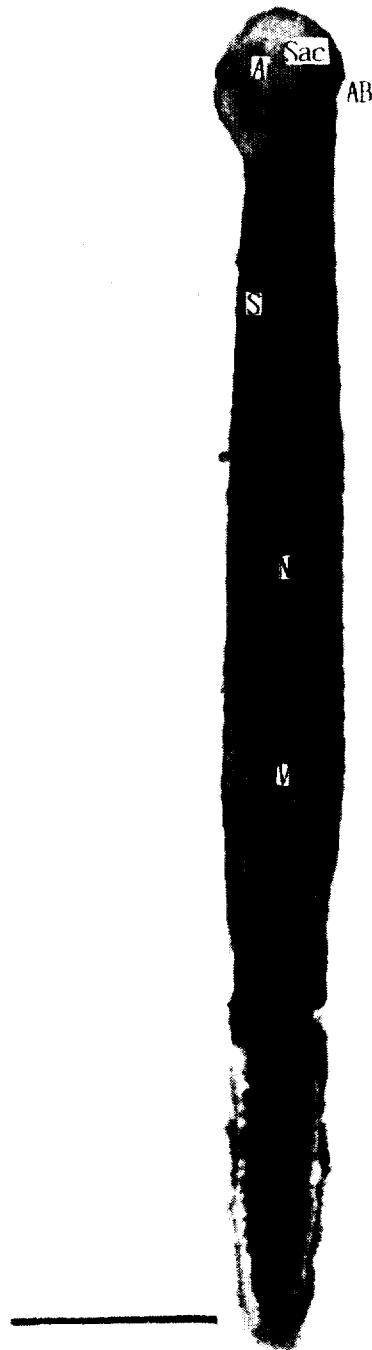


Fig. 2. Electron micrograph of sagittal section of ejaculated goat spermatozoon head (scale line =  $1\mu$ ).

A, acrosome cap ; AB, apical body ; N, nucleus ; S, subacrosomal layer, Sac, subacrosome space ; V, nuclear vacuole.



Fig. 3. Electron micrograph of oblique section of the neck of ejaculated goat spermatozoon (scale line=1 $\mu$ ).

CE, centriol ; NM, neck mitochondria; PF, peripheral rough fibers.

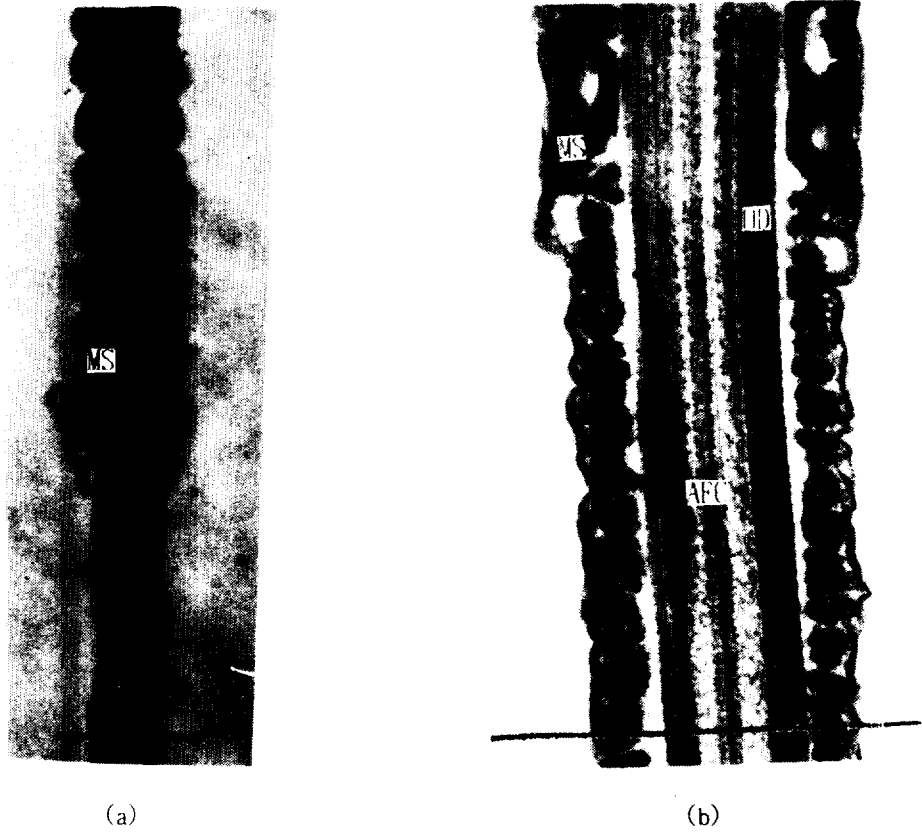


Fig.4. Electron micrograph of longitudinal section of ejaculated goat sperm tails (scale line=1 $\mu$ ),  
AFC, axial filament complex ; MS, mitochondrial sheath ; OD, outer dense fiber.

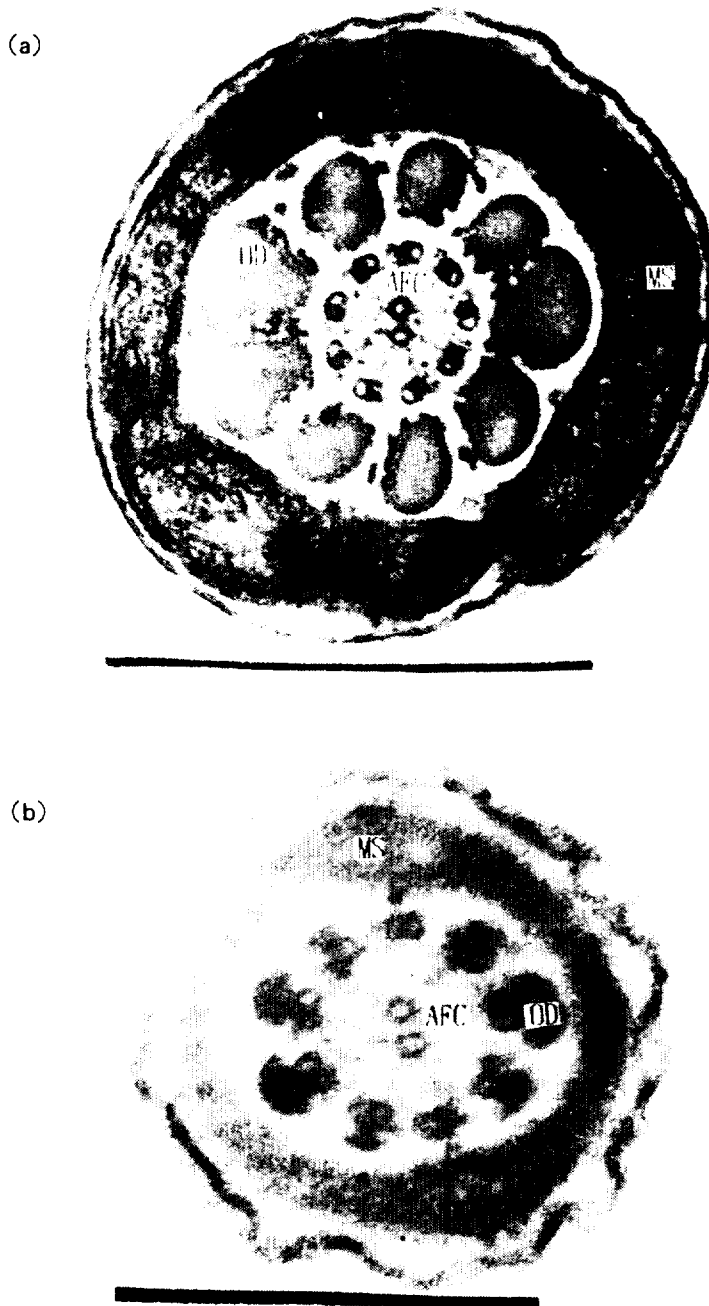


Fig. 5. Electron micrographs of cross sections of ejaculated goat sperm tails.

The bar in each figures show 0.5 $\mu$ m.

(a) mid-piece, (b) main-piece.

AFC, axial filament complex ; MS, mitochondrial sheath ; OD, outer dense fiber.

絲狀 등 다양하나 家畜精子처럼 卵狀의 것은 길이가 約 8 $\mu$ m, 幅 4 $\mu$ m 정도 된다(康, 1986a; 1986b; 1987; 1988; 1989).

頭部の 主要部는 核(nucleus)과 先體이며 核은 거의 全城을 차지하는 均一한 構造로 前半部는 先體로 덮혀 있다. 後半部는 後先體鞘(postacrosomal sheath, postacrosomal dense lamina) 또는 後帽(post-nuclear cap)라 부르는 한 층의 構造가 있고 先體의 赤道部와 접해 있다(Fig 1).

核과 先體에는 受精과 關係가 깊은 成分이 含有되어 있다. 精子核의 主成分은 體細胞의 절반인 DNA로 鹽基性 蛋白質과 결합하여 존재한다. 後者는 DNA를 보호하고 있는 것으로 생각되고 (Subrina, 1975) 精子의 成熟 老化에 따라서 性狀變化를 일으키는 것도 알려져 있다 (Gledhill, 1971). 精子의 다른 부위와 달리 核은 기계적 처치에 대해서 影響을 잘 받지 않으나 卵子內에 進入한 精子는 膨潤하여 雄性前核(male pronucleus)으로 發展한다.

精子의 核內에는 空胞狀構造(V)가 보인다. 核膜(Nm)은 2重으로 되어 있고 이 사이에는 空胞을 갖고 있지 않다. 核膜과 先體사이에는 先體下空(Ss)이 있다. 先體(A)는 거의 均一한 두께로 되어 있다. 그 外側에는 精子細胞膜(Sp)으로 Seritoli 細胞膜에서는 頭部를 둘러싸고 있는 acton 細胞(Ac)와 滑面小胞體(Se)가 配列되어 있다(Fig 1.2).

核(N)은 錐形으로 先端部의 約 2/3가 先體로 둘러싸여 있다. 先體로 둘러싸여 있지 않은 側頭部는 後先體部(PA)로서 卵細胞를 認知하고 最初로 融合하는 部位이다(Fig 1.2).

核基底部の 核膜은 纒고 鞭毛의 運動裝置와 關節하고 있다. 여기에 低位中心子(C)가 있다(Fig 3). 이외에 鞭毛의 基始部이고 分節한 外側緻密纖維가 보인다.

中片部는 絲粒體가 나선상으로 감싸고 있다(Fig 4).

中片部와 主部の 境界에는 輪(An)이 있다. 그 다음은 主部로서 9+2本の 外側緻密纖維, 助骨모양의 線維鞘(F)가 있다. 精子細胞外는 seritoli 細胞로 先體가 접하는 부분에는 一連의 滑面小胞體(Se)가 있고, 그 外側에는 actin 細絲(Ac)가 있다. 또 精子細

胞의 軸과 거의 平行하여 微小管(Mt)이 있다(Fig 4).

尾部는 鞭毛의 役割을 하고 精子의 運動能을 발휘하는 部分이다. 家畜 및 사람 精子의 尾部길이는 約 50~60  $\mu$ m이지만 齧齒類 精子는 數倍나 더 길다. 橫斷面을 TEM으로 관찰하면 중심의 2本을 둘러싸고 9本(9雙)의 微小管(mi crotubule)이 輪狀으로 配列되어 있다. 주변의 9本の 微小管은 各各 한 쌍씩으로 구성되어 완전한 A 細管과 C 字形의 불완전한 B 細管이 접합한 형태를 취하고 있다(Fig 5). 微小管을 구성하고 있는 蛋白質은 筋肉의 myosin과 actin에 類似한 作用을 하는 것으로 여겨지며 dynein과 tubulin이라는 名稱으로 부르고 있다(毛利, 1972).

A 細管으로 부터 다음 組의 B 細管을 향하여 2本の 腕이 나와있다(Fig 5). 이것이 dynein으로 여기에 ATP ase 활성이 나타나고 있다(安燈, 1979). 이들 微小管이 外측에는 또 9 本の 外線維가 輪狀으로 配列되어 있다. 이들은 軸絲(axial filament)라고도 부르며 9+2 또는 9+2+2로서 表現되고 있다(Fig 5). 外線維는 鞭毛나 體外受精動物精子에는 없고 唾孔類精子에서도 終部에는 없다. 따라서 外線維는 體內受精動物에 있어서 雌生殖道內에서 精子運動에 補助的 役割을 하는 것으로 생각된다. 그 結果 牛精子의 경우는 37C 媒液中에 10回/秒 꼬리를 흔들며 100  $\mu$ m의 속도로 前進한다(Bishop). 中片部에는 이들 軸絲가 螺旋상의 mitochondrial sheath에 의해 둘러싸여 있다. 이 속에는 燐脂質, cytochrome, 脫水素酵素 等 精子의 에너지 供給에 관계있는 成分이 含有되어 있다. 中片部の 길이와 관계있는 mitochondrial sheath 螺旋數는 動物에 따라 현저히 달라서 牛 10~12, 犬 15~17인데 비해서 齧齒類에서 mouse가 90, rat는 무려 350이나 된다(Fawett, 1970), 主部에는 mitochondrial sheath가 없고 그 대신 線維鞘(fibrous sheath)가 주위를 감싸고 있다. 두께는 일정치 않으나 역활로서는 彈性에 의해 外部 衝激으로부터 精子를 保護하고 있는 것이 아닌가 推察되고 있다(正木과 堀內, 1981).

精子는 尾部를 격렬하게 波狀으로 움직이면서 媒液中을 前進하지만 그 尾部의 運動은 海生動物은 2



次元의 平面的 運動(Castello, 1937 ; Brokaw, 1974)하고 昆蟲(Baccetti, 1972)이나 哺乳類動物精子(Gray, 1958 ; R. Wmenspoel, 1965 ; Phillips, 1972)는 3次元의 螺旋運動을 하는 것이 알려져 있다. 個個 精子的 尾部鞭毛運動派像의 解析은 高速度高眞撮影을 한 필름에 의해서 실시하고 있으나(Gray, 1958 ; Baba and Hiramoto, 1970 ; 平本과 馬場, 1971) 그의 波動은 精子 頭部에서 시작하여 후방으로 전해지는 것이 報告되어 있다(Gray, 1958).

#### IV. 摘 要

山羊精子的 微細構造에 대해 透過型 電子顯微鏡을 이용하여 觀察하였다.

山羊精子는 頭部와 尾部로 나뉘는데 頭部는 扁平한 卵圓形을 나타내며 주로 核으로 되어 있다. 頭部의 前部는 尖體 또는 頭帽로 後部는 後帽로 덮혀 있다. 尾部는 中片部, 主部, 終部로 나뉘지고 中片部는 미토콘도리아 鞭毛 原纖維의 周圍를 감싸고 있다. 즉 미토콘도리아는 9本の 外側, 9本の 內側과 2本の 中心原纖維를 둘러싸고 있다.

#### V. 參 考 文 獻

Bishop, M. W. H. and Walton, A. 1960. 1960. Marshall's physiology of reproduction. 3rd ed. Longmans, London.  
 Bishop, D. W. 1962. Sperm motility, *Physiol. Rev.*, 42, 1~59.  
 Clarke, G. N. and Yanagimachi, R. 1978. Actin in mammalian sperm heads. *J. Exp. Biol.*, 205, 125~132.

Gledhill, B. L. 1971. Change in deoxyribonucleoprotein in relation to spermateliosis and the epididymal maturation of spermatozoa. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 13, 77~88.

康珉秀, 1986a, 山羊精子的 走査電子顯微鏡的 研究. 濟大論文集, 第 22輯, 33~39.

康珉秀, 1986b, 緬羊 및 Rat 精子形態의 走査電子顯微鏡的 研究. 濟大論文集, 第 23輯, 25~30.

康珉秀, 1987, 豚精巢上體尾部精子的 走査電子顯微鏡的 研究. 濟大論文集, 第 24輯, 33~39.

康珉秀, 1988, Ginea Pig 精巢上體尾部精子的 走査電子顯微鏡的 研究. 濟大論文集, 第 27輯, 39~45.

康珉秀, 1989, 鷄精子的 走査電子顯微鏡的 研究. 濟大論文集, 第 28輯, 29~33.

Mann, T. 1964. Biochemistry of semen and of the male reproductive track. P. Methuen, London.

正木淳二, 1981. 5章 精子, 生殖機構의 組織學(菅原七郎, 安田泰久, 石田一夫, 正木淳二編) pp. 153~177. 理工學社.

毛利秀雄. 1972. 精子的 運動性, 哺乳動物의 精子(西川義正監修, 飯田勳編) pp. 258~292. 學窓社.

Sorensen, A. M. Jr. 1974. Animal Reproduction, McGraw-Hill, New York.

Subrinana, J. A. 1975. On the biological role of basic proteins in spermatozoa and during spermatogenesis. The biology of the male gamete(ed Duckett J. C. and Racey P. A.) pp. 239~244, Academic Press, New York.

安藤權八郎. 1979. 精子形成(1)-形態의 側面, *ホルモンと生殖II*(日本比較內分泌學會編) pp.107~133. 學會出版 *センチ*.