

文章编号: 1000-0615(2006)05-0611-07

人工催熟日本鳗鲡精子的显微和超微结构

章龙珍, 乔振国, 庄平, 黄晓荣, 张涛, 冯广朋, 赵峰

(中国水产科学研究院东海水产研究所农业部海洋与河口重点开放实验室, 上海 200090)

摘要 对经人工催产获得的日本鳗鲡 (*Anguilla japonica*) 精子的显微和超微结构进行了观察。光镜下观察, 日本鳗鲡精子有两种形态结构, 一种精子的细胞核为圆形或近似圆形, 这精子较小, 细胞核长径为 $(2.57 \pm 0.62) \mu\text{m}$, 短径为 $(2.11 \pm 0.59) \mu\text{m}$, 鞭毛长度为 $(38.35 \pm 7.71) \mu\text{m}$; 另外一种精子的细胞核为“眉形”或“新月形”, 精子较大, 细胞核长径为 $(7.66 \pm 1.09) \mu\text{m}$, 短径为 $(2.54 \pm 0.46) \mu\text{m}$, 鞭毛长度为 $(38.35 \pm 9.02) \mu\text{m}$ 。透射电镜观察结果显示, 圆形精子头部的顶端无顶体, 植入窝位于细胞核底端的中间, 由细胞核向内凹陷而成, 呈一沟状, 其走向与精子的长轴平行。中心粒复合体位于植入窝内。细胞核的下端有 2~3 个线粒体。基体的头端呈筒状, 由电子致密物构成。基体的尾端分裂成 9 束。尾部从袖套腔中伸出且细长, 轴丝始端与基体的尾端相连, 微管多呈电子致密状, 轴丝为典型的“9+2”结构。圆形精子为日本鳗鲡正常成熟的精子。“眉形”或“新月形”精子头部细胞核弯曲, 在弯曲处有一圆形的球状物, 球状物内含有线粒体和中心粒复合体, 轴丝为“9+0”结构。这种精子可能存在发育缺陷或没有达到完全正常成熟。

关键词 鳗鲡 精子形态 植入窝 中心粒复合体 “9+2”微管结构

中图分类号: S 917 文献标识码: A

Microstructure and ultrastructure of spermatozoa of *Anguilla japonica* artificially induced by extraneous hormone

ZHANG Long-zhen, QIAO Zhen-guo, ZHUANG Ping,

HUANG Xiao-rong, ZHANG Tao, FENG Guang-peng, ZHAO Feng

(Key Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries Certificated by the Agriculture Ministry of China, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China)

Abstract: The microstructure and ultrastructure of the spermatozoa of Japanese eel, *Anguilla japonica* ($n = 10$) artificially induced by extraneous hormone were studied. By means of light microscopy, two types (type I and type II) of spermic shapes could be observed. The spermic head of type I was almost round in shape, and similar to the shape of strawberry. The size of type I spermatozoa was smaller, with $(2.57 \pm 0.62) \mu\text{m}$ of the long diameter of the karyon, $(2.11 \pm 0.59) \mu\text{m}$ of the short diameter of the karyon, and $(38.35 \pm 7.71) \mu\text{m}$ of the flagellum length. The spermic head shape of type II was similar with the shape of eyebrow or crescent. This size of type II spermatozoa was much bigger, with $7.66 \pm 1.09 \mu\text{m}$ of the long diameter of the karyon, $(2.54 \pm 0.46) \mu\text{m}$ of the short diameter of the karyon, and $(38.35 \pm 9.02) \mu\text{m}$ of the flagellum length. By means of transmission electron microscopy (TEM), different ultrastructures of two types of spermatozoa could be observed. For type I spermatozoa (round spermatozoa), there was no acrosome on the forefront of the spermic head. Implantation fossa was located in the middle of the spermic head bottom, and it is in the shape of a channel along the long axis of spermatozoa. The centriolar complex was inside implantation fossa. Two to three pieces of mitochondria were under karyon. The head of basal body was columniform in shape, and

收稿日期: 2005-12-12

资助项目: 科技部科技基础性工作专项资助; 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室开放课题资助 (开重-03-01)

作者简介: 章龙珍 (1954-), 女, 湖北谷城人, 研究员, 从事水生动物生殖生物学和生理学研究。Tel: 021-55530954, E-mail:

longzhen2885@hotmail.com

consisted of electron density substance. The end part of basal body was separated into 9 strips. Spermic flagellum prolonged from the sleeve, and the initial part of axoneme linked up the end part of basal body. The microtubule was electron dense. The axoneme formed a typical 9+2 pattern. Type I spermatozoa might be normal spermatozoa that reached to maturity. For type II spermatozoa (eyebrow-like spermatozoa), the karyon was curving in shape, and there was a globoid object in the curving area. There were mitochondria and centriolar complex inside the globoid object. The axoneme formed a 9+0 pattern. Type II spermatozoa might be immature or abnormally developed spermatozoa.

Key words: *Anguilla japonica*; spermic shape; implantation fossa; centriolar complex; 9+2 canaliculus structure

日本鳗鲡 (*Anguilla japonica*) 是江海洄游性鱼类, 每年的秋冬季节生殖群体由江河降海作生殖洄游, 性腺在洄游途中发育成熟, 到达产卵场繁衍后代。然而, 鳗鲡入海后就神秘失踪, 从鳗鲡亲本入海后到幼鱼“白鳗”回归到河口这段时间成为鳗鲡生活史研究的空白段。所以, 至今未能获得鳗鲡在天然产卵场自然发育成熟的精子和卵子。作为优良的水产养殖对象, 鳗鲡是我国水产养殖业出口创汇的当家品种之一。但是, 其苗种的人工繁殖技术难关没有攻克, 到目前为止, 仍然只是完全依赖在河口区域采集洄游途中的天然苗种支撑规模巨大的鳗鲡养殖业。在鳗鲡的繁育生物学研究方面, 有关工作涉及到鳗鲡性腺分化、精、卵细胞发育过程^[1-2], 人工激素诱导鳗鲡性腺发育组织学和细胞学^[3-8], 以及人工催熟、催产获得鳗鲡精子生物学特性^[9, 10]等, 人工催熟鳗鲡精子超微结构的系统研究至今未见报道。本文较为系统地观察了人工催熟鳗鲡精子超微结构, 旨在为完善鳗鲡的生殖生物学资料和为进一步攻克鳗鲡人工繁殖难关提供一些理论依据。

1 材料和方法

2003年10月从珠江口收集到降海生殖洄游途中的野生日本鳗鲡共42尾, 其中雌性22尾 [体长(74.14±4.79) cm, 体重(644±118.17) g], 雄性20尾 [体长(67.4±6.07) cm, 体重(505.6±117.99) g]。所有试验鱼均暂养于东海水产研究所海南水产养殖试验基地, 通过由逐步淡水到海水的过渡驯养和注射外源激素等人工措施, 促使亲本性腺发育成熟。20尾雄性鳗鲡经催熟、催产

全部排精, 精液量为每尾20~50 mL。采集其中10尾鱼的精液, 每尾取精液10 mL, 分别用等量的2.5%戊二醛固定, 以备进行电镜观察。

光镜样品的制备 少量的精液做精子涂片, 每尾鱼做5张涂片, 涂片经吉姆萨和瑞氏复合染液染色, NIKON TE 2000倒置显微镜下观察、拍照并对精子的大小进行测量。

电镜样品的制备 将固定的精液经3 000 r·min⁻¹离心5 min, 弃上清液, 再加等量的2.5%戊二醛。30 min后将沉淀从离心管中剥离出来, 置2.5%戊二醛中, 保存在4℃下备用。样品经PBS液漂洗3次后, 用2%锇酸固定, 各级酒精梯度脱水, Epon812树脂包埋, ULTRACUTE超薄切片机切片, 厚度为(70~80 nm)。样本经醋酸铀和柠檬酸铅染色, 置HITACHI H-600型透射电镜观察并拍照。

2 结果

2.1 精子的显微结构

光镜下观察到日本鳗鲡精子有两种形态结构(图1-1)。一种是细胞核呈圆形或近似圆形的精子。精子较小, 测量了100个圆形精子, 细胞核的长径为(2.57±0.62) μm, 短径为(2.11±0.59) μm, 鞭毛的长度为(38.35±7.71) μm。圆形精子细胞核染色较浅, 细胞核与鞭毛连接处染色较深(图1-2); 另一种是细胞核呈“眉形”或“新月形”的精子。精子较大, 100个细胞核的长径为(7.66±1.09) μm, 短径为(2.54±0.46) μm, 鞭毛长度为(38.35±9.02) μm。“眉形”精子细胞核染色较深(图1-3)。

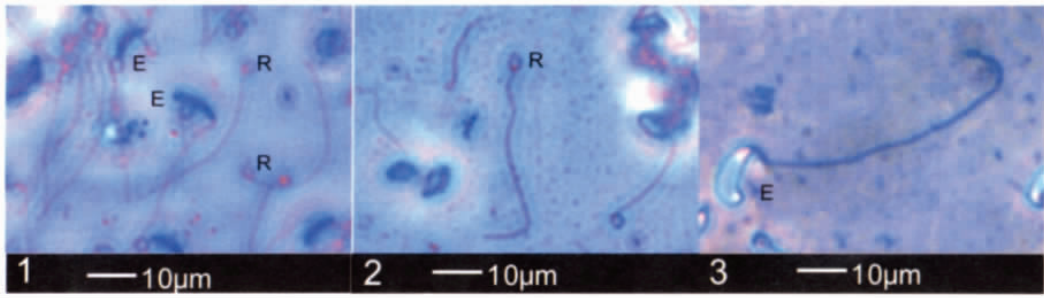


图1 鳗鲡精子的两种形态结构

Fig. 1 Two types of spermic shapes of *A. japonica*

E: 眉形形态精子; R: 圆形形态精子

E: eyebrow-like sperm; R: Round sperm

2.2 正常精子的超微结构

精子由头部和尾部(鞭毛)两部分组成(图版 I-1;图版 II-1)。头部可以观察到细胞核、中心粒复合体、线粒体和袖套等。尾部结构简单而细长,由轴丝组成。

头部结构 正常形态精子头部的顶端无顶体。中心粒复合体位于细胞核底端向中凹陷的植入窝内,线粒体和袖套位于细胞核的下端(图版 I-3,4,7;图版 II-3,4,7)。

细胞核 从精子头部正中的矢状切面上看,精子细胞核呈圆形或近似圆形,细胞核很大,几乎占据了头部的整个空间。细胞核的底端向中间内凹陷很深,形成一深沟状,因此植入窝的形状为一条沟状,是中心粒复合体存在的位置(图版 I-3,4;图版 II-3,4)。基体和轴丝的起始端所在植入窝的位置与细胞核的底端基本平行(图版 I-5;图版 II-5)。在精子头部的横切面,细胞核近似椭圆形,在细胞核的中央有一空腔,是植入窝的位置,腔内的物质为中心粒复合体(图版 I-2;图版 II-2)。

中心粒复合体 正常形态精子的中心粒复合体位于细胞核植入窝中,中心粒复合体包括了近端中心粒和基体。近端中心粒位于沟状植入窝的上段,呈九个电子致密斑的环状结构,其中看不清三联微管(图版 I-3,4;图版 II-3,4)。基体位于植入窝的下段,与细胞核的底端平行(图版 I-4,5;图版 II-4,5)。基体的头端(即靠近中心粒一端)呈辐射状,尾端与轴丝相连(图版 I-7;图版 II-7)。从基体的不同水平的横切面上看,基体头端的横切面呈一筒状环状结构,该结构由电子

致密物质构成,其中看不清三联微管结构,只见9个电子致密物,在尾端的横切面上,9个环状电子致密物呈分裂状,可看到基体头端和尾端形成的内环和外环结构(图版 I-5,6;图版 II-5,6)。近端中心粒与基体互相对应(图版 I-4;图版 II-4)。

袖套 袖套与细胞核的后端相连接,呈一筒状。中央的空腔为袖套腔,袖套腔环形空间较大。袖套腔的中间是轴丝的起始端,袖套之中有线粒体,线粒体排列成环状,大约2~3个(图版 I-7,8;图版 II-7,10)。

尾部结构 正常形态精子的尾部有1条细长的鞭毛,尾部的起始端位于袖套腔中,从袖套腔中伸出,轴丝的起始端与基体尾端相连,位于植入窝下段,鞭毛的细胞质膜与袖套膜相连(图版 I-1,8;图版 II-1,9,11)。鞭毛的核心结构是轴丝,在细胞质膜和轴丝之间分布有均匀的小的细胞质颗粒(图版 I-8;图版 II-11)。从轴丝的横切面上观察到轴丝两边的质膜不对称,一边长,另一边短,轴丝为典型的“9+2”结构(图版 I-10,11;图版 II-16)。

2.3 非正常精子的超微结构

在电镜下可以观察到这种精子头部的顶端无顶体,在头部的纵切面上,细胞核弯曲,弯曲处有一大的圆形的球状物,细胞核上有囊泡(图版 I-12;图版 II-13),有的球状物内含有中心粒复合体和线粒体,中心粒复合体和线粒体还没有从球状物中分离出来(图版 I-13,14;图版 II-14,15)。非正常形态精子,从头部的横切面上看,细胞核和球体外有一层细胞质膜,细胞质膜将两者包成一个

整体(图版 I-13;图版 II-14)。非正常精子无植入窝、无独立的中心粒复合体和线粒体等结构,精子鞭毛的轴丝为“9+0”结构(图版 I-15;图版 II-16)。

3 讨论

3.1 日本鳗鲡精子的形态

显微和超微结构水平观察显示日本鳗鲡精子有两种形态。一种是正常形态的精子,精子为圆形或近似圆形,精子头部和尾部分明,精子较小,细胞核的长径和短径分别为 $2.57\ \mu\text{m}$ 和 $2.11\ \mu\text{m}$ (图 1-2)。圆形精子有细胞核向内凹陷而形成深沟状的植入窝,植入窝中有中心粒复合体,在细胞核正中的纵切面上,中心粒复合体与细胞核的长轴平行。细胞核的底部分别有线粒体、袖套腔等(图版 II-3,4)。尾部有较长的鞭毛,轴丝为“9+2”结构。另外一种是非正常形态的精子,精子头部象“眉形”或“新月形”,精子较大,细胞核的长径和短径分别为 $7.66\ \mu\text{m}$ 和 $2.54\ \mu\text{m}$ (图 1-3)。这种“眉形”精子与正常圆形精子在超微结构上有很大的差别,即精子无植入窝、无独立的中心粒复合体和线粒体结构,而是在精子头部细胞核弯曲处有一圆形的球状物(图版 II-13)。Okamura 等^[11]通过扫描电镜观察,报道了日本鳗鲡精子头部为“眉形”结构,在精子头部上端弯曲处的球状物为线粒体,这与我们观察的结果不同。我们观察到的球状物内不但含有线粒体,还有中心粒复合体,线粒体和中心粒复合体没有形成独立的结构(图版 I-12~14;图版 II-13~15)。林鼎等^[3]、杨红波等^[9]、谢刚等^[10]、Manal 等^[7]、Takeshi 等^[8]也分别报道了鳗鲡精子的形态为“眉形”或“新月形”,分别将这种形态的精子描述为鳗鲡成熟的精子。从本实验观察的结果看,作者认为圆形形态精子是日本鳗鲡成熟的、正常形态精子,它具有一般硬骨鱼类成熟精子结构特征,即含有细胞核、中心粒复合体、线粒体和袖套腔、鞭毛(9+2)等结构^[12-17]。鳗鲡这种形态的精子至今未见报道。“眉形”精子无上述一般硬骨鱼类成熟精子的特征,是一种非正常的精子。这种形态的精子可能是鳗鲡精子在成熟过程中的一种变态形态,还没有达到真正意义上的成熟,也可能是一种畸形精子,因这种精子的鞭毛为(9+0)结构^[7,8,9,11,19]。日本鳗鲡精子的形态变化和发育时间的关系还需进一步深入的

研究。

3.2 日本鳗鲡精子区段的划分

一般而言,硬骨鱼的精子多分为三部分:头部、中段和尾部。头部主要结构为细胞核,中段与头部紧紧相连,主要由中心粒复合体和线粒体等构成,尾部的主要结构为鞭毛,由轴丝构成。日本鳗鲡正常成熟的精子与大多数硬骨鱼类不同,精子的中心粒复合体位于细胞核低端向内凹陷的植入窝内,并与细胞核的长轴平行(图版 I-2A;图版 II-2A)。线粒体位于细胞核下端袖套腔内(图版 I-7,8;图版 II-7,11)。根据日本鳗鲡精子的形态结构特点,作者认为可以将细胞核、中心粒复合体、线粒体和袖套一起合称精子的头部,即日本鳗鲡的精子只有头部和尾部之分。日本鳗鲡精子头部结构特征与大黄鱼精子头部的结构极为相似^[18]。“眉形”精子的细胞核和球状物由一层细胞质膜将两者包在一起,形成一个整体(图版 I-13,14;图版 II-14,15),头部除了细胞核以外还有球状物。所以,“眉形”精子分为头部和尾部两部分。

3.3 日本鳗鲡正常精子和非正常精子的轴丝

日本鳗鲡正常形态精子的轴丝具有典型的“9+2”结构。这与草鱼、兴国红鲤、革胡子鲶^[16]、鲤^[13]、长吻鲈^[15]、大黄鱼^[18]、斜带石斑鱼^[17]等大多数鱼类相同。轴丝起始端的二联微管明显,中央有微管,这与大黄鱼不同。大黄鱼精子轴丝起始端的二联微管仅具锥形,无中央微管^[18]。Okamura 等^[11]、Woolley 等^[19]、Gibbons 等^[20,21]、杨红波等^[9]分别报道了日本鳗鲡精子轴丝的结构为“9+0”结构,这与我们观察到的正常精子鞭毛“9+2”结构不同,而与我们观察到的非正常形态“眉形”精子的鞭毛相同。成熟的正常形态的精子,其鞭毛的轴丝为典型的“9+2”结构(图版 I-11;图版 II-12)。非正常形态“眉形”精子的轴丝为“9+0”结构(图版 I-15;图版 II-16)。王晓冬等^[22]在研究男性活动力不足精子尾部微管超微结构时发现,精子微管数量异常,尾部轴丝为“9+0”结构,中央微管缺少,认为微管异常可能是引起精子不能运动或运动力下降导致男性不育的原因之一。Woolley 等^[19]在研究鳗鲡精子鞭毛结构时发现,“9+0”结构只有内动力蛋白臂,而无外动力蛋白臂。我们认为这是一种不正常的轴丝,这可能与精子的成熟度或畸形有关。正常的精子,轴

丝应由周围9组加上中央2组微管所组成。

日本鳗鲡精子到目前为止靠人工诱导、催熟、催产而获得。催熟的时间、地点、药物的种类、剂量对精子的质量有直接的关系,精子质量的好坏影响到后代的成活。实验通过调整人工催熟技术,首次获得了日本鳗鲡精子鞭毛的轴丝为典型的“9+2”结构正常成熟的精子。日本鳗鲡精子这种“9+2”鞭毛结构以前的研究中未见报道。

3.4 日本鳗鲡精子植入窝

日本鳗鲡精子的植入窝是细胞核低端向中间凹陷形成的一深沟状,植入窝的长轴与细胞核的长轴平行。近端中心粒与基体相互对应位于植入窝中(图版I-4;图版II-4)。这不同于鲤精子的植入窝,鲤精子的植入窝位于细胞核的一侧^[13],也不同于大黄鱼精子的植入窝,大黄鱼精子的植入窝位于细胞核背面^[18],而与黄颡鱼精子的植入窝极为相似^[12]。黄颡鱼精子的植入窝是从核的正后端向前端陷入核中呈“井状”。

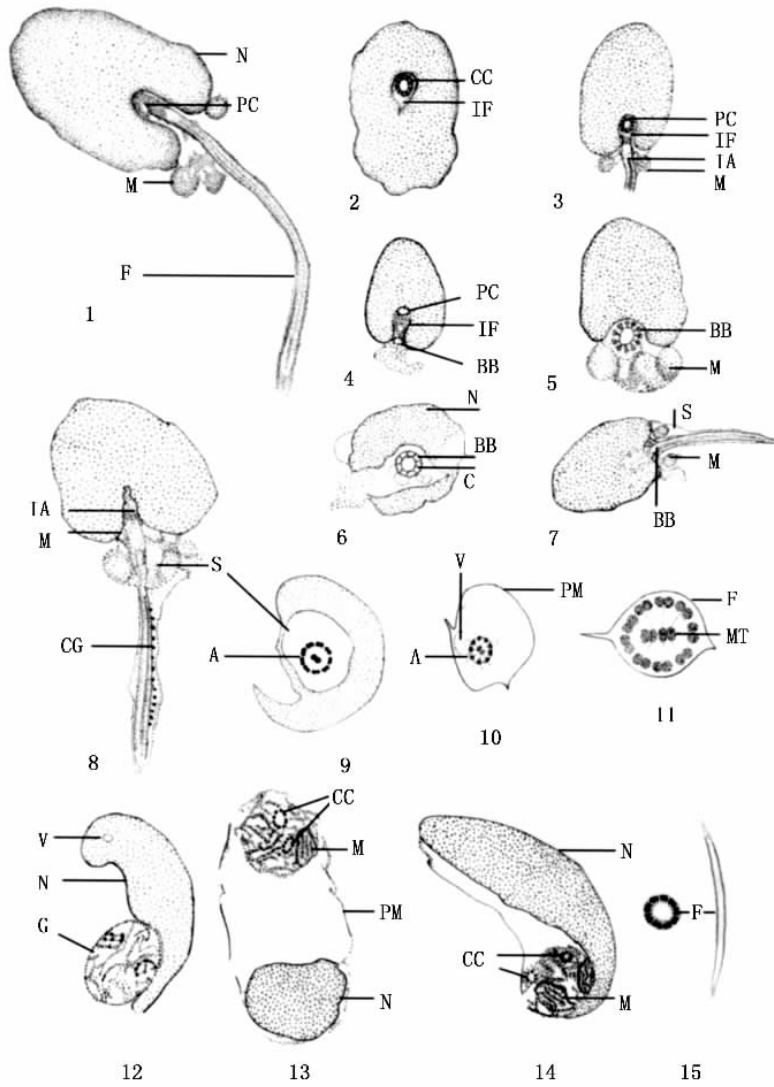
3.5 日本鳗鲡非正常精子球状物结构

日本鳗鲡非正常精子球状物结构在已报道的许多硬骨鱼类精子的超微结构中都不含此结构。从观察的结果看,非正常精子球状物不是一成不变,而是随着精子的变态而发生变化,从球状物内只有一些弯曲的线条状结构,而分不清中心粒复合体和线粒体等细胞器(图版I-12;图版II-13),到球状物内能够明显地区分中心粒复合体和线粒体(图版I-13,14;图版II-14,15)。实验认为这个球状物结构可能是日本鳗鲡精子变态过程中产生各种细胞器的重要的中心结构。有关它的形成过程有待进一步的研究。

本文精子模式图由东海水产研究所沈闪工程师绘制,电镜图片由上海师范大学张慧琦教授协助拍摄,在此表示衷心感谢。

参考文献:

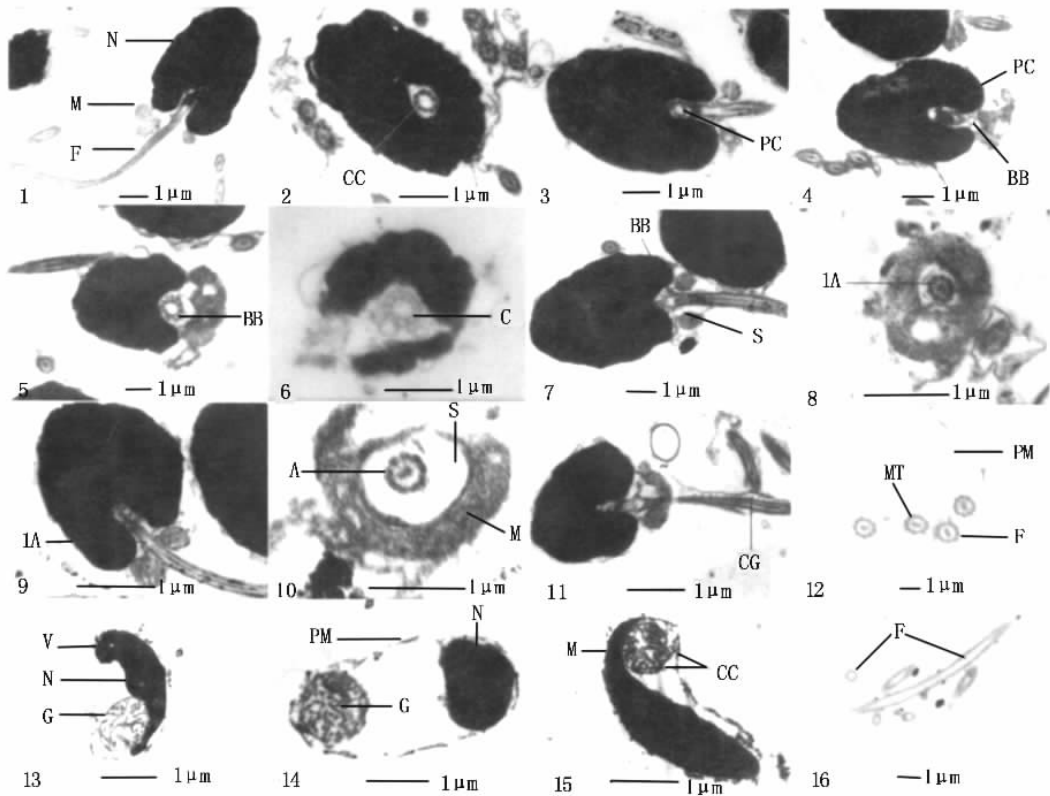
- [1] 佐藤英雄,中村中六,日比谷京. 鳗的生殖腺的成熟に关する研究Ⅰ. 性分化および生殖腺成熟过程[J]. 日本水产学会誌, 1962, 28(6): 579-548.
- [2] 山本喜一郎,井修,平野忠,等. シナホリン投与による养殖ウナギの精巢成熟について[J]. 日本水产学会誌, 1972, 38(10): 1083-1090.
- [3] 林鼎,林浩然. 鳗鲡繁殖生物学研究Ⅲ. 鳗鲡性腺发育组织学和细胞学研究[J]. 水生生物学集刊, 1984, 8(2): 157-170.
- [4] 柳凌,郭峰,张洁明,等. 日本鳗鲡排卵的人工诱导[J]. 中国水产科学, 2005, 18(4): 49-54.
- [5] 吴善. 用DHP诱导日本鳗鲡排卵后受精率和孵化率与时间的变化[J]. 福建水产, 1997, 2: 32-85.
- [6] 张利红,张为民,林浩然. 雄烯二酮和甲基睾酮诱导雄性日本鳗鲡性腺发育的作用[J]. 动物学研究, 2001, 22(2): 105-109.
- [7] Manal R N, Takeshi M, Nobutaka A, et al. Recombinant human insulin-like growth factor 1 stimulates all stages of 11-ketotestosterone-induced spermatogenesis in the Japanese eel, *Anguilla japonica in vitro*[J]. Biology of Reproduction, 1999, 61: 944-947.
- [8] Takeshi M, Nobutaka A, Chiemi M, et al. Comparative studies between *in vivo* and *in vitro* spermatogenesis of Japanese eel *Anguilla japonica*[J]. Zoological Science, 2002, 19: 321-329.
- [9] 杨红波,谢刚,刘伟光,等. 鳗鲡精子生物学特性的初步观察[J]. 珠江水产, 1989, 14: 72-76.
- [10] 谢刚,叶星,苏植蓬,等. 鳗鲡精子的主要生物学特性[J]. 上海水产大学学报, 1999, 8(1): 31-34.
- [11] Okamura A, Zhang H, Yamand Y, et al. Re-examination of spermatozoal ultrastructure of eels: observations of the external morphology of spermatozoa in three species[J]. Journal of Fish Biology, 2000, 57: 161-169.
- [12] 尤永隆,林丹军. 黄颡鱼精子的超微结构[J]. 实验生物学报, 1996, 29(3): 235-245.
- [13] 尤永隆,林丹军. 鲤鱼精子的超微结构[J]. 动物学研究, 1996, 17(4): 377-383.
- [14] 张旭晨,王所安. 细鳞鱼精巢超微结构和精子发生[J]. 动物学报, 1992, 38(4): 355-358.
- [15] 魏刚,戴大临,陈怀辉,等. 长吻鮠精子超微结构的观察[J]. 四川动物, 1995, 14(2): 56-57.
- [16] 林光华,林琼,胡成珏,等. 草鱼、兴国红鲤和革胡子鲶精子超微结构的比较研究[J]. 南昌大学学报(理科版), 1988, 22(3): 284-287.
- [17] 赵会宏,刘晓春,林浩然,等. 斜带石斑鱼精子超微结构及盐度、温度、pH对精子活力及寿命的影响[J]. 中国水产科学, 2003, 10(4): 286-290.
- [18] 尤永隆,林丹军. 大黄鱼精子的超微结构[J]. 动物学报, 1997, 43(2): 119-126.
- [19] Woolley D M. Studies on the eel sperm flagellum 1. The structure of the inner dynein arm complex[J]. Journal of Cell Science, 1997, 110: 85-94.
- [20] Gibbons B H, Gibbons I R, Baccetti B. Structure and motility of the 9+0 flagellum of eel spermatozoa[J]. Journal of Submicroscopic Cytology, 1983, 15: 15-20.
- [21] Gibbons B H, Baccetti B, Gibbons I R. Live and reactivated motility in the 9+0 flagellum of *Anguilla sperm*[J]. Cell Motil, 1985, 5: 333-350.
- [22] 王晓东,余耀南,王心龙,等. 活动力不足精子尾部微管超微结构研究[J]. 南通医学院学报, 1995, 18(4): 509-514.



图版 I Plate I

1. 精子头部的矢状切面 2. 精子头部的横切面 3. 精子头部纵切, 示近端中心粒 4. 植入窝中的中心粒复合体 5. 精子头部的横切面, 示植入窝中基体的头端 6. 精子头部的横切面, 示基体的环状结构 7. 袖套纵切面, 示袖套腔 8. 鞭毛纵切, 示细胞质颗粒; 9. 袖套横切面, 示袖套腔; 10, 11. 鞭毛横切, 示“9+2”结构; 12, 14. “眉形”精子纵切, 示球状物; 13. “眉形”精子横切, 示细胞核和球状物; 15. “眉形”精子鞭毛, 示“9+0”结构

1. A sagittal section of the sperm head; 2. A cross section of the sperm head; 3. A longitudinal section of the sperm head, showing the proximal centriole; 4. Centriolar complex in the implantation fossa; 5. A cross section of the sperm head, showing the anterior end of the basal body in the implantation fossa; 6. A cross section of the sperm head, showing a ring-like structure of the basal body; 7. A longitudinal section of the sleeve, showing the central space of the sleeve; 8. A longitudinal section of the flagellum, showing cytoplasm granule; 9. A cross section of the sleeve, showing the central space of the sleeve; 10, 11. A cross section of the sleeve, showing the structure of 9+2 pattern; 12, 14. A longitudinal section of the eyebrow-like spermatozoa, showing the globoid object; 13. A cross section of the eyebrow-like spermatozoa, showing the karyon and globoid object; 15. The flagellum of eyebrow-like spermatozoon, showing the structure of 9+0 pattern.



图版 II Plate II

1. 精子头部的矢状切面 2. 精子头部的横切面, 示植入窝中的中心粒复合体 3. 精子头部纵切面, 示近端中心粒 4. 植入窝中的中心粒复合体 5. 精子头部的横切面, 示植入窝中基体的头端 6. 精子头部的横切面, 示基体的环状结构; 7、9. 精子头部纵切面, 示植入窝中的轴丝起始端, 该处的轴丝有中央微管; 8、10. 袖套的横切面, 示袖套腔中的鞭毛; 11. 轴丝外侧与细胞质膜之间分布有细胞质颗粒; 12. 鞭毛横切面, 示“9+2”结构; 13. “眉形”精子头部纵切面; 14. “眉形”精子头部横切面; 15. 球状体内的线粒体和中心粒复合体; 16. “眉形”精子的鞭毛横切, 示“9+0”结构; “眉形”精子的鞭毛纵切, 无中央微管结构

1. A sagittal section of the sperm head; 2. A cross section of the sperm head, showing the centriolar complex in the implantation fossa; 3. A longitudinal section of the sperm head, showing the proximal centriole; 4. Centriolar complex in the implantation fossa; 5. A cross section of the sperm head, showing the anterior end of the basal body in the implantation fossa; 6. A cross section of the sperm head, showing circularity structure of the basal body; 7, 9. A cross section of the sperm head, showing the initial part of the axoneme in the implantation fossa, and there are central microtubule in the axoneme; 8, 10. A cross section of the sleeve, showing the flagellum the in the central space of the sleeve; 11. Cytoplasmic granule distributed between the outside of axoneme and cell membrane; 12. A cross section of the flagellum, showing the structure of 9+2 pattern; 13. A longitudinal section of the eyebrow-like sperm head; 14. A cross section of the eyebrow-like sperm head; 15. The mitochondrion and centriolar complex in the globoid object; 16. A cross section of the spermic flagellum, showing the structure of 9+0 pattern; longitudinal sections of the spermic flagellum, there is no center microtubule structure

A 轴丝(axoneme); BB 基体(basal body); C 环状结构(circularity); CC: 中心粒复合体(centriolar complex); CG 细胞质颗粒(cytoplasmic granule); F 鞭毛(flagellum); G 球状物(globoid); IA 轴丝的起始端(initial part of axoneme); IF 植入窝中凹陷较深的区域(deeper area of the implantation fossa); M 线粒体(mitochondrion); MT 微管(microtubule); N 细胞核(nucleus); PC 近端中心粒(proximal centriole); PM 细胞质膜(plasma membrane); S 袖套腔(central space of sleeve); V 囊泡(vesicle)