

星突江鲈精子的超微结构

刘长琳 庄志猛 陈四清* 邹健 李学文

(农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

摘要 应用扫描电镜和透射电镜观察了星突江鲈 *Platichthys stellatus* 精子的超微结构。星突江鲈的精子由头部、中段和尾部组成。头部呈球形, 主要结构为细胞核。核前端无顶体, 后端有植入窝, 植入窝较浅, 凹入深度约为细胞核直径的 1/4。核中染色质致密, 但存在染色质较浅的头部凹陷和核泡。中段包括中心粒复合体和袖套。近端中心粒的长轴与基体的长轴相互垂直, 呈“T”字型排列, 基体的长轴与精子的长轴平行。袖套很浅, 其最深处只达到线粒体下端的 1/3 处。在袖套线粒体的外面, 具有大量的椭圆形囊泡存在。尾部细长, 主要由轴丝构成, 为典型的“9+2”微管结构。鞭毛较粗, 长有两排侧鳍, 侧鳍不对称。鞭毛细胞质中可见大小不一的椭圆形囊泡存在, 囊泡的分布不均匀, 一侧囊泡数量较多, 另一侧偏少。鞭毛的这种结构与精子的运动相适应。

关键词 星突江鲈 精子 超微结构

中图分类号 Q959.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2009)04-0014-07

Ultra-structure of the spermatozoon of *Platichthys stellatus*

LIU Chang-lin ZHUANG Zhi-meng CHEN Si-qing*
ZOU Jian LI Xue-wen

(Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resource,
Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of
Fishery Sciences, Qingdao 266071)

ABSTRACT Ultra-structure of the spermatozoon of *Platichthys stellatus* was observed by scanning and transmission electron microscopy. The spermatozoon of *P. stellatus* consisted of a head, a midpiece and a tail. The head was spherical in shape, of which the main structure was the nucleus. It had no acrosome but had an implantation fossa at its caudal end. The implantation fossa was shallow, with the depth of 1/4 of the nucleus diameter. The nucleus consisted of electron dense chromatin materials, with a head pit and nuclear vacuole whose chromatin was free. The midpiece consisted of the centriolar complex and the sleeve. The proximal centriole and the basal body were arranged at an orthogonal, and in “T” structure, while the basal body was paralleled to the spermatozoon. The sleeve was very shallow, and the deepest point was

国家科技支撑计划项目(2006BAD03B08-07)、黄海水产研究所基本科研业务项目(2060302/2)和青岛市科技发展计划项目(06-2-3-18-HY)共同资助

* 通讯作者。E-mail: chensq@ysfri.ac.cn, Tel: (0532)85830494

收稿日期: 2008-10-08; 接受日期: 2009-01-15

作者简介: 刘长琳(1978-), 男, 研究实习生, 主要从事鱼类繁殖生物学及增养殖技术研究。E-mail: liuchl@ysfri.ac.cn, Tel: (0532)85830494

just 1/3 to the mitochondrion. There were many ellipse vesicles in the sleeve outside mitochondrion. The main structure of the tail was axoneme, which was slim and long. The structure of the tail was of the typical "9+2" model. The flagella were thick, and there were two rows of lateral fins on the flagellum, but the fin was not asymmetrical. There were many different sizes of ellipse vesicles in the flagella cytoplasm, which were of asymmetry. The structure of the flagellum was accommodated for the spermatozoon move.

KEY WORDS *Platichthys stellatus* Spermatozoon Ultra-structure

硬骨鱼类精子结构比较原始,可明显地分为头部、中段和尾部,但各部分结构在不同种属的硬骨鱼类中存在一定差异,尤其是精子头部顶体的有无、植入窝及其发达程度、核泡的有无、精子中段中心粒复合体的组成、“袖套”结构的对称性、线粒体的分布和形态及精子尾部侧鳍的有无及其发达程度等在不同种属的硬骨鱼类中有一定差异,这些特征都可作为种群鉴定的依据(刘雪珠等 2002)。近几年,国内外学者对硬骨鱼类精子结构及生理意义研究的较多,尤其是对鲆鲽鱼类精子超微结构的研究,如牙鲆 *Paralichthys olivaceus* (王宏田等 1999)、大菱鲆 *Scophthalmus maximus* (Suquet *et al.* 1993)、圆斑星鲽 *Verasper variegatus* (张永忠等 2004)、半滑舌鳎 *Cynoglossus semilaevis* (吴莹莹等 2007)和塞内加尔鳎 *Solea senegalensis* (Mattei 1991; Medina *et al.* 2000)等,但对星突江鲮精子超微结构的研究尚未见报道。

星突江鲮 *Platichthys stellatus* 隶属于鲽形目 Pleuronectiformes、鲽科 Pleuronectidae、鲽亚科 Pleuronectinae、江鲮属 *Platichthys*,又名星斑川鲮、江鲮、珍珠鲮和黄金鲮。星突江鲮是一种分布相对广泛的鲽科鱼类,分布水域为 33°~73°N,105°W~127°E;北到白令海峡、楚科奇海、阿拉斯加和加拿大北部沿岸,向南到北美和南加利福尼亚(马爱军等 2006)。我国北起图们江,南至山东南部、江苏北部一带,包括黑龙江、绥芬河和图们江等河流,以及日本、朝鲜沿岸均有分布,但近年其资源几近消失。星突江鲮生长速度快,抗病力强,营养价值高,口感独特。此外,还具有适温、适盐范围广的特点,养殖水域广阔,是目前最具养殖潜力的海水鱼类。本研究对星突江鲮精子的超微结构进行观察和描述,并与其他鲽鲆鱼类精子超微结构进行了比较,丰富了鱼类受精生物学内容。

1 材料与方 法

1.1 材 料

实验用 5 尾星突江鲮雄鱼均由青岛龙湾生物科技有限公司提供。亲鱼培育水温 8~12 °C,盐度 29~30,光照强度 600~1 000 lx,光照时间为 7:00~19:00。饵料以黄花鱼、蓝点马鲛为主,并定期投喂活沙蚕,投喂量为鱼体重的 2%~3%,日投喂两次,投喂时间 8:00 和 16:00,日换水率 200%~400%。经过 90 d 以上的培育,检查雄鱼,精液容易挤出,呈乳白色且量大,说明雄鱼性腺发育成熟,即开始实验。实验用鱼均为挑选的体表完整、游动活泼的健康个体。

1.2 方 法

1.2.1 扫描电镜样品的制备

采集 0.5 ml 精液于 2.5%戊二醛中(0.2 mol/L PBS 配制,pH 7.2,4 °C)固定,PBS 缓冲液漂洗。酒精梯度脱水后,进行乙酸异戊脂置换。采用 Eiko 公司 XD-1 型二氧化碳临界点干燥器干燥,Eiko 公司 IB-3 型离子镀金仪喷金镀膜,JEOL 公司 JSM-840 扫描电镜观察。

1.2.2 透射电镜样品的制备

采集 0.5 ml 将精液于 2.5%戊二醛中 4 °C 固定 4 h,2 000 r/min 离心 5 min,弃上清液。PBS 缓冲液冲洗,1%锇酸 4 °C 后固定 2 h。PBS 缓冲液冲洗后,乙醇系列梯度脱水,Epon812 环氧树脂包埋。UltracutE 超薄切

片机半薄切片,甲苯胺蓝染色,半薄定位。醋酸双氧铀硝酸铅染色。JEOL公司JEM-1200EX透射电镜观察。

2 结果

2.1 扫描电镜观察

星突江鲮精子为鞭毛型精子,全长为 $39.95 \pm 0.14 \mu\text{m}$,分为头部、中段和尾部(鞭毛)3部分(图版 I-1)。

星突江鲮精子头部呈球形,纵轴长 $1.45 \pm 0.106 \mu\text{m}$,横轴长 $1.43 \pm 0.112 \mu\text{m}$,顶部比较光滑(图版 I-2,3),但在头部中间可见几个明显的凹陷,使得表面凹凸不平(图版 I-2)。线粒体位于细胞核后方,有6~8个,单层围成环状(图版 I-2)。鞭毛直径 $0.32 \pm 0.08 \mu\text{m}$,长 $38.02 \pm 0.04 \mu\text{m}$ 。鞭毛可分为主段和末段两部分。主段较粗,可看到间距不等的突起存在,此即鞭毛的侧鳍(Lateral fin),侧鳍不对称,一侧稍发达(图版 I-4)。鞭毛末段较细短,且未见侧鳍存在(图版 I-5)。

2.2 透射电镜观察

2.2.1 精子头部的细微结构

精子头部的主要结构是细胞核(Nucleus),无顶体(Acrosome)和核前部凹陷(Nuclear pit)存在。细胞核占据了头部的大部分空间,在头部纵切面上,细胞核呈圆形或卵圆形(图版 I-6,7),在头部横切面上,细胞核呈圆形(图版 I-9)。精子头部细胞质较多,使得核膜与质膜彼此分离且间隙大,紧贴核膜内壁有少量分散的圆形或近似圆形囊泡存在。头部的质膜凹凸不平,核膜也不甚平滑,核膜中未见核孔。细胞核的染色质致密,但在精子头部中段核膜内侧可见几个较浅的染色质空白区域,此即头部凹陷(Head pit)(图版 I-9)。在细胞核的中央可见1~2个染色质相对疏松的区域,称之为核泡(Nuclear vacuole)。核泡形状为圆形或不规则状,核泡中具有比核泡外浓缩了的染色质更为致密的粗大颗粒存在(图版 I-6,7)。在细胞核的后端有一较浅的植入窝(Implantation fossa),植入窝对称分布,呈半圆球状,正中矢状切面为半圆形,凹入深度约为细胞核直径的 $1/4$ (图版 I-6,7)。

2.2.2 精子中段的细微结构

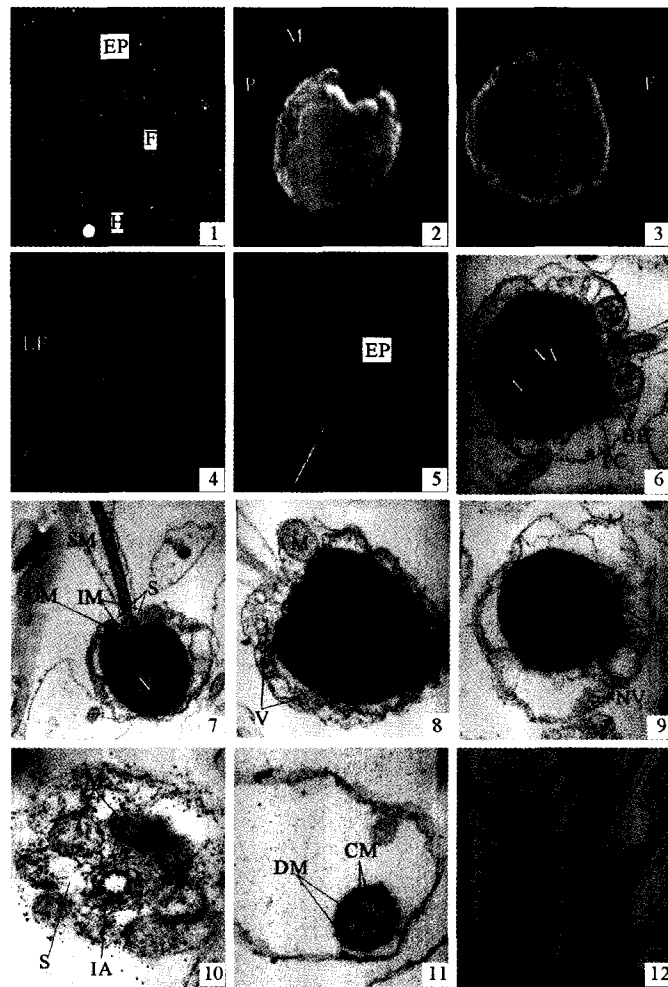
星突江鲮精子的中段不发达,位于细胞核的后端,主要结构为中心粒复合体(Centriolar complex)和袖套(Sleeve)。

中心粒复合体位于植入窝中,由近端中心粒(Proximal centriole)和基体(Basal body)组成。近端中心粒位于植入窝的上段,其长轴与精子的长轴垂直。基体位于植入窝的中段,其长轴与近端中心粒的长轴垂直,呈“T”字型排列(图版 I-6)。基体由9组三联微管(Tribble)组成,无中央微管对(图版 I-10)。

星突江鲮精子的线粒体直径为300~350 nm,能够连接核膜和质膜(图版 I-6,7,8,10)。袖套内膜与鞭毛外膜大部分融为一体,使得袖套不发达,其最深处才达到线粒体下端的 $1/3$ 处。袖套的中央空腔为袖套腔(Central space of the sleeve),袖套腔很狭小(图版 I-7)。袖套和线粒体的正中矢切面呈对称(图版 I-6,7)或不对称分布(图版 I-8)。在袖套中,线粒体的外面,存在大量的椭圆形囊泡存在,直径61.5~92.3 nm,囊泡中含有少量电子致密物质(图版 I-8)。

2.2.3 精子尾部的细微结构

精子的尾部为1条细长的鞭毛。鞭毛起始于袖套腔中,鞭毛外膜和袖套内膜相连续,绝大部分伸出袖套之外(图版 I-7)。鞭毛由轴丝和质膜构成,具有典型的“9+2”型微管结构(图版 I-11)。在鞭毛纵切面上,可见鞭毛的细胞质发达但分布不均,细胞质中可见大小不一的椭圆形囊泡存在。少量大的囊泡独立存在,直径可达200 nm,能够连接细胞质膜和轴丝,小的囊泡直径在40 nm左右,大多聚集在一起,紧贴质膜内膜存在,使得细胞质膜起伏不平(图版 I-12)。囊泡分布不均匀,一侧囊泡数量较多,另一侧偏少。囊泡中有少量粗大颗粒存在,但无明显可见的电子致密物质。



1. 精子整体, 示头部、鞭毛和鞭毛末端, $\times 2\ 500$ The total length of a sperm, showing head, flagellum and the end piece of the flagellum, $\times 2\ 500$;
 2. 精子头部, 示凹陷和线粒体, $\times 30\ 000$ The head of the spermatozoon, showing pit and mitochondrion, $\times 30\ 000$; 3. 精子头部顶端, $\times 30\ 000$
 Top of the sperm head, $\times 30\ 000$; 4. 鞭毛中段, 示侧鳍, $\times 10\ 000$ The principal piece of the flagellum, showing lateral fin, $\times 10\ 000$; 5. 鞭毛末
 段, $\times 10\ 000$ End piece of the flagellum, $\times 10\ 000$; 6. 精子头部纵切面, 示核泡、近端中心粒、基体和线粒体, $\times 25\ 000$ Longitudinal section of the
 sperm head, showing nuclear vacuole, proximal centriole, basal body and mitochondrion, $\times 25\ 000$; 7. 精子纵切, 示袖套腔、袖套内
 膜、袖套外
 膜、鞭毛和鞭毛膨大的细胞膜, $\times 20\ 000$ Longitudinal section of sperm, showing central space of the sleeve, inner membrane of the sleeve, outer
 membrane of the sleeve, flagellum and swollen membrane of the flagellum, $\times 20\ 000$; 8. 精子头部和中段纵切, 示囊泡和线粒体, $\times 40\ 000$ Longi-
 tudinal section of sperm at head and midpiece, showing vesicle and mitochondrion, $\times 40\ 000$; 9. 精子头部横切面, 示核泡和凹陷, $\times 25\ 000$ Cross
 section of sperm at head, showing nuclear vacuole and pit, $\times 25\ 000$; 10. 精子中部横切面, 示袖套腔、轴丝的起始端和线粒体, $\times 40\ 000$ Cross
 section of sperm at midpiece, showing central space of the sleeve, initial part of the axoneme and mitochondrion, $\times 40\ 000$; 11. 精子末段(鞭毛)
 横切面, 示中心微管和双联体微管, $\times 100\ 000$ Cross section of end piece of the sperm(flagellum), showing center microtubule and doublet micro-
 tubule, $\times 100\ 000$; 12. 精子末段(鞭毛)纵切面, 示囊泡、中心微管和双联体微管和质膜, $\times 15\ 000$ Longitudinal section of end piece of the sperm
 (flagellum), showing vesicle, centriolar complex, doublet microtubule and plasma membrane, $\times 15\ 000$

A: 轴丝; BB: 基体; CC: 中心粒复合体; CM: 中心微管; DM: 双联体微管; EP: 鞭毛末端; H: 精子头部; LF: 侧鳍; IA: 轴丝的起始端; IM: 袖套内膜; F: 鞭毛; M: 线粒体; N: 细胞核; NV: 核泡; OM: 袖套外膜; P: 凹陷; PC: 近端中心粒; PM: 质膜; S: 袖套腔; SM: 鞭毛膨大的细胞膜; T: 精子头部顶端; V: 囊泡

A: Axoneme; BB: Basal body; CC: Centriolar complex; CM: Center microtubule; DM: Doublet microtubule; EP: End piece of the flagellum; H: Head of the spermatozoon; LF: Lateral fin; IA: Initial part of the axoneme; IM: Inner memberane of the sleeve; F: Flagellum; M: Mitochondrion; N: Nucleus; NV: Nuclear vacuole; OM: Outer memberane of the sleeve; P: Pit; PC: Proximal centriole; PM: Plasma membrane; S: Central space of the sleeve; SM: Swollen membrane of the flagellum; T: Top of the sperm head; V: Vesicle

图版 I 星突江鳕精子的超微结构

Plate I Ultra-structure of the spermatozoon of *Platichthys stellatus*

3 讨论

3.1 星突江鲈精子的可量性状比较

星突江鲈的精子与其他鲈形目鱼类精子一样分为头部、中段和尾部3部分,但在可量性状上存在差异。由表1可以看出,在4种鲈形目鱼类中,星突江鲈的精子长度最短,小于40 μm ,其他3种鱼的精子全长均在40 μm 以上;星突江鲈的线粒体数目为6~8个,多于半滑舌鲈而少于大菱鲆和圆斑星鲈;星突江鲈的鞭毛长度最短,但鞭毛宽度最宽,为0.32 μm ,其他3种类别约为0.2 μm 。星突江鲈和圆斑星鲈的精子头长/头宽接近1,头部形状为球形,而大菱鲆精子头长/头宽为0.76,头部形状接近球形(Suquet *et al.* 1993),半滑舌鲈精子头长/头宽为1.64,形状为钝顶锥体形(吴莹莹等 2007)。Stein(1981)将精子的结构分为3种类型:类型1,头部伸长;类型2,头部为球形或接近球形;类型3,头部平滑且为圆形。故星突江鲈、圆斑星鲈和大菱鲆属于类型2,而半滑舌鲈则属于类型1。因此,精子的长度、头部形状、线粒体数目及鞭毛长宽等都可作为种间鉴定的依据。

表1 星突江鲈精子和其他鲈形目鱼类精子的可量性状比较

Table 1 Comparison of the spermatozoon morphometric characteristics of *Platichthys stellatus* with other Pleuronectiformes

种类 Species	全长 Total length (μm)	头长 Head length (μm)	头宽 Head width (μm)	头长/头宽 Head length/ Head width	线粒体数 Mitochon- drial number	鞭毛长 Flagellum length (μm)	鞭毛宽 Flagellum width (μm)	参考文献 References
星突江鲈 <i>Platichthys stellatus</i>	39.95±0.14	1.45±0.106	1.43±0.112	1.01	6~8	38.02±0.04	0.32±0.08	本研究
圆斑星鲈 <i>Verasper variegatus</i>	41.47±3.5	1.539±0.036	1.46±0.049	1.05	14~20	40.13±3.5	0.2	张永忠等 2004
大菱鲆 <i>Scophthalmus maximus</i>	45	1.3	1.7	0.76	8~10	43	0.2	Suquet <i>et al.</i> 1993
半滑舌鲈 <i>Cynoglossus semilaevis</i>	45.02±1.756	1.82±0.086	1.11±0.028	1.64	5~6	43.2±1.67	0.18±0.026	吴莹莹等 2007

3.2 星突江鲈精子头部的微细结构

星突江鲈精子的头部呈球形,顶部比较光滑,无顶体,在致密染色质中具有相对疏松的空白区域。其精子细胞核空白区域可分为两种类型:一种位于头部中段核膜内侧,深度较浅,即头部凹陷。尤永隆等(1998)认为此类空白区域是由于囊泡从核内释放出来所致。另一种空白区域呈圆形或不规则状,位于细胞核中央,称之为核泡,核泡中具有粗大颗粒存在。尤永隆等(1996)认为核泡是浓缩了的染色质中的空隙,而粗大颗粒是否也由染色质浓缩而成,尚无定论。而同属鲈形目的大菱鲆和圆斑星鲈精子具有核前凹陷,与星突江鲈精子的头部凹陷不同,核前凹陷开口于核前端稍偏处,凹陷呈不规则状,可深入到核的中央(Suquet *et al.* 1993;张永忠等 2004),张永忠等(2004)认为这种特殊结构可能是顶体的一种遗迹。牙鲆和半滑舌鲈精子头部顶端均无核前凹陷,但牙鲆精子细胞核中具有核泡(王宏田等 1999),而半滑舌鲈精子细胞核中仅见形态和位置不定的空白小间隙(吴莹莹等 2007)。因此精子头部的空白区域具有物种差异性。

硬骨鱼精子的植入窝多为细胞核表面的一个凹陷,深浅不一。根据已有的报道,植入窝的位置可分为3种类型:(1)位于核的后端,如黄颡鱼 *Pseudobagrus fulvidraco* (尤永隆等 1996),哲罗鱼 *Hucho taimen* Pallas (尹洪滨等 2008)等;(2)位于核的一侧如鲤 *Cyprinus carpio* (尤永隆等 1996);(3)植入窝为细胞核表面的一条浅沟状结构,其走向与细胞核的长轴平行,如大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* Richardson (尤永隆等 1997)。星突江鲈精子的植入窝位置与其他鲈形目鱼类一致,位于细胞核的后面,但发达程度及对称性具有差异:星突江鲈精子的植入窝呈半圆球状,对称分布,凹入深度约为细胞核直径的1/4;由透射电镜图可知大菱鲆凹入深

度约占核长径的3/4(Suquet *et al.* 1993)、圆斑星鲮约占1/3(张永忠等 2004)、牙鲮约占1/4(王宏田等 1999)。而半滑舌鲮精子的核隐窝则十分发达,呈井状,凹入深度约占核长径的5/6(吴莹莹等 2007)。由此可知星突江鲮、圆斑星鲮和牙鲮精子的植入窝在鲮形目中属于较浅的种类,而半滑舌鲮和大菱鲮则属于较深的种类。

3.3 星突江鲮精子中段的微细结构

星突江鲮精子的中段不发达,基体长轴与近端中心粒的长轴垂直,二者的排列呈“T”字形,同大部分硬骨鱼类精子一致(Billard *et al.* 1986)。目前报道的其他鲮类鱼种,如牙鲮(王宏田等 1999)、大菱鲮(Suquet *et al.* 1993)和圆斑星鲮(张永忠等 2004),其近端中心粒与基体的排列也是相互垂直的。而半滑舌鲮精子的基体却与近端中心粒首尾相对排列在同一条直线上(吴莹莹等 2007)。因此星突江鲮精子的中段结构与牙鲮、大菱鲮和圆斑星鲮相近,而与半滑舌鲮相差较大。

星突江鲮的袖套不发达,袖套腔很狭小,袖套内膜与鞭毛外膜大部分融为一体。袖套之中除了线粒体之外还有囊泡,囊泡中含有少量电子致密物质。管汀鹭(1990)认为精子中部的这些囊泡和头部的核膜和质膜之间的囊泡皆由精子细胞的高尔基体变化而来。在牙鲮(王宏田等 1999)、大菱鲮(Suquet *et al.* 1993)、黄颡鱼(尤永隆等 1996)、鲤(尤永隆等 1996)和大黄鱼(尤永隆等 1997)的袖套内膜的细胞质中存在一层比细胞质膜薄,并与袖套内膜平行的膜。星突江鲮精子袖套中未观察到这层膜的存在。

3.4 星突江鲮精子尾部的微细结构

在鲮形目鱼类中,塞内加尔鲮(Mattei 1991; Medina *et al.* 2000)、牙鲮(张永忠等 2004)和半滑舌鲮(吴莹莹等 2007)的精子鞭毛轴丝的外面都具有由细胞质向两侧扩展形成的侧鳍;大菱鲮(Suquet *et al.* 1993)精子鞭毛不但具有侧鳍,而且其鞭毛中段部分呈现为薄板样(Lamellated shape);圆斑星鲮(张永忠等 2004)精子鞭毛则未观察到侧鳍存在。星突江鲮同大部分鲮形目鱼类一致,在精子鞭毛上具有侧鳍存在,但侧鳍呈针刺状,间距不等,左右不对称,一侧稍发达。此外,在星突江鲮鞭毛细胞质中可见大小不一的椭圆形囊泡存在,囊泡的分布不均匀,一侧囊泡数量较多,另一侧偏少。在黄颡鱼(尤永隆等 1996)、长吻鲮 *Leiocassis longirostris*(张耀光等 1993)、鲤(尤永隆等 1996)和半滑舌鲮(吴莹莹等 2007)等精子的近鞭毛基部也有类似的囊泡状结构。笔者认为星突江鲮精子鞭毛侧鳍发达的一侧囊泡数量较多,此即精子的背侧;侧鳍欠发达的一侧囊泡数量偏少,此即精子的腹侧,从而与鞭毛的摆动使精子向前运动相适应。这与尹洪滨等(2008)通过研究者罗鱼精子得出的发达的侧鳍朝上,为精子的背侧,欠发达的一侧为精子的腹侧,与鞭毛的摆动使精子向前运动相适应的结论一致。对于囊泡的作用,张耀光等(1993)推测这一囊泡可能是一种储能结构,为精子变态和变态后的精子提供营养物质和能量。

参 考 文 献

- 马爱军, 庄志猛, 李 晨, 孙先领, 王新安, 雷霖霖. 2006. 星突江鲮生物学特性及养殖前景. 海洋水产研究, 27(5): 91~95
- 王宏田, 徐永立, 张培军. 1999. 牙鲮精子的超显微结构. 海洋科学, 6: 5~7
- 尹洪滨, 尹家胜, 孙中武, 李 超. 2008. 哲罗鱼精子的超微结构. 水产学报, 32(1): 27~31
- 尤永隆, 林丹军. 1996. 黄颡鱼 *Pseudobagrus fulvistraco* 精子的超微结构. 实验生物学报, 29(3): 235~245
- 尤永隆, 林丹军. 1996. 鲤鱼精子超微结构的研究. 动物学报, 17(4): 377~383
- 尤永隆, 林丹军. 1997. 大黄鱼精子的超微结构. 动物学报, 43(2): 119~126
- 尤永隆, 林丹军. 1998. 尼罗罗非鱼精子形成中核内囊泡的释放. 动物学报, 44(3): 257~263
- 刘雪珠, 杨万喜. 2002. 硬骨鱼类精子超微结构及其研究前景. 东海海洋, 20(3): 32~37
- 吴莹莹, 柳学周, 王清印, 徐永江, 包振民. 2007. 半滑舌鲮精子的超微结构. 海洋学报, 29(6): 167~171
- 张耀光, 罗泉笙, 钟明超. 1993. 长吻鲮精巢及精子结构的研究. 水生生物学报, 17(3): 246~251
- 张永忠, 徐永江, 柳学周, 胡家会, 许玉艳. 2004. 圆斑星鲮精子的超微结构及核前区特殊结构. 动物学报, 50(4): 630~637
- 管汀鹭. 1990. 金鱼精子头部的液泡结构. 科学通报, 9: 719~720

- Billard, R. 1986. Spermatogenesis and spermatology of some teleost fish species. *Reprod. Nutr. Develop.* 26 (4): 877~892
- Mattei, X. 1991. Spermatozoon ultrastructure and its systematic implications in fishes. *Can. J. Zool.* 69: 3 038~3 055
- Medina, A., Megina, C., Abascal, F. J., and Calzada, A. 2000. The spermatozoon morphology of *Sole senegalensis* (Kaup, 1858) (Teleostei, Pleuronectiformes). *J. Submicrosc. Cytol. Pathol.* 32: 645~650
- Stein, A. 1981. Light and electron microscopic studies on the spermatozoa of several fresh water teleost fish (Teleostei). *J. Appl. Zool.* 68: 183~198 (In German)
- Suquet, M., Dorange, G., Omnes, M. H., Normant, A., Roux, A. L., and Fuaavel, C. 1993. Composition of the seminal fluid and ultrastructure of the spermatozoon of turbot *Scophthalmus maximus*. *J. Fish Biol.* 42: 509~516

《海洋水产研究》期刊于2009年1月起更名为《渔业科学进展》

各有关单位、各位读者：

经国家新闻出版署2008年11月13日(新出报刊[2008]1324号文)和山东省新闻出版局2008年12月11日(鲁新出批字[2008]325号文)批准,从2009年1月起,《海洋水产研究》期刊更名为《渔业科学进展》(英文名:Progress in Fishery Sciences),ISSN 1000-7075,国内统一刊号:CN 37-1466/S,国内邮发代号:24-153,国外发行代号:4578Q。刊期仍为双月刊。

更名后,本刊栏目包括研究论文、研究综述和研究简报等,内容涵盖各类水域渔业科学研究最新成果,涉及与渔业科技有关的各学科门类的研究进展。本刊主要报道渔业生物学、渔业海洋学、水产增养殖学、水产种质资源与遗传育种、水生野生生物保护、渔业生物病害及其防治、渔业生态环境保护、渔业设施与捕捞技术、渔业装备制造技术、水产品综合利用与质量安全等领域的新发现、新技术和新成果。希望各位领导、各位专家,一如既往地关心和支持我们的工作,踊跃为《渔业科学进展》刊物投稿。

祝愿各位领导、各位专家工作顺利、万事如意!

中国水产科学研究院黄海水产研究所

《渔业科学进展》编辑部

2009年3月30日