

成年日本新糠虾雄性生殖系统的组织学

杨丽娜^{①②} 杨筱珍^① 唐伯平^② 成永旭^{①*} 吴旭干^① 陈亚瞿^③

(①上海水产大学农业部水产种质资源与养殖生态重点开放实验室 上海 200090;

②江苏省滩涂生物资源与环境保护重点建设实验室 盐城 224002;

③中国水产科学院东海水产研究所 上海 200090)

摘要 对成年日本新糠虾(*Neomysis japonica*)雄性生殖系统的解剖特征和组织结构进行了观察,结果表明,日本新糠虾雄性生殖系统由精巢、输精管和交接器组成,整体似“n”形。精巢左右对称,由一条“n”形的精索和其外侧延伸形成的19~21个精母细胞囊及与之相连的19~21个精子细胞袋组成,精子细胞袋位于精母细胞囊背部偏外侧的位置,通过一个短窄的通道与输精管相连。输精管是一个“n”形的管子,位于精索的背面,其前段连着精巢,后段逐渐变细,直至第8胸节向腹部弯曲变得更细,随后膨大形成壶腹,壶腹向后通入交接器中并在末端膨大。交接器位于身体的腹中线附近,其壁由外层的角膜层和内层的上皮细胞层组成,具有防御和保护功能,其内的肌肉层加厚,外层为环肌层,内层为纵肌层。从精索,经精母细胞囊,到精子细胞袋依次分布着不同发育阶段的精细胞。成熟精子有头部和尾部两部分,头部较短,尾部相当长,且头尾之间有一个15°的转角。精子呈簇分布形成精子束,精子束通过精子细胞袋与输精管间的通道被输送到输精管中,并沿输精管向交接器运输。

关键词: 成年日本新糠虾, 雄性生殖系统, 解剖特征, 组织结构

中图分类号: Q954 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2007)03-90-07

Histology of Male Reproductive System of Adult *Neomysis japonica*

YANG Li-Na^{①②} YANG Xiao-Zhen^① TANG Bo-Ping^② CHENG Yong-Xu^{①*}
WU Xu-Gan^① CHEN Ya-Qu^③

(① Key Laboratory of Aquatic Genetic Resources and Aquaculture Ecosystem Certificated by the Ministry of Agriculture, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090; ② Jiangsu Provincial Key Laboratory of Coastal Wetland Bioresources and Environmental Protection, Yancheng 224002; ③ East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries, Shanghai 200090, China)

Abstract The anatomy and histology of male reproductive system of adult *Neomysis japonica* was observed. The results showed that the “n”-like male reproductive system of *N. japonica* included testis, vas deferens and penial sacculations. The symmetrical testis was composed of one “n” shape testicular cords, 19 to 21 spermatocytic sacculations and 19 to 21 spermatidic pouches. The spermatidic pouch had a dorsal and slightly more lateral position relative to the spermatocytic sacculations and connected with vas deferentia through a short, narrow duct. The vas deferentia was an “n”-like tube lying dorsal to the testicular cords. Its forepart was linked with testis, and the left and right vas deferens extended and narrowed posteriorly. At the eighth segment, the vas deferens turned ventrally, narrowed to very thin canals, and then expanded to ampullas which open into penial sacs near the midline of the ventral side of

基金项目 江苏省滩涂生物资源与环境保护重点建设实验室开放基金(No. JLCBE052002),上海市重点学科建设项目(No. Y1101),上海金沙湾投资发展有限公司水生生态与环境修复项目;

* 通讯作者, E-mail: yxcheng@shfu.edu.cn;

第一作者介绍 杨丽娜,女,硕士研究生,主要从事水产动物繁殖与发育生物学研究, E-mail: yangla62@126.com.

收稿日期 2006-09-11,修回日期 2007-03-23

the body. The wall of penial sacs included cuticle or exoskeleton and epithelium which had recovery or protection function and the thick muscle layer contained the outer circular muscle and the inner longitudinal muscle. Germ cells gradually matured during moving from testicular cords and spermatocytic sacs to spermatidic pouches. The mature sperm had two parts :the shorter head and the longer tail ,with an 15° angular juncture between them. Spermatozoa grouped into bundles which were transported into vas deferens through the duct of spermatocytic pouches and vas deferens ,then into penial sacs.

Key words :Adult *Neomysis japonica* ; Male reproductive system ; Anatomical character ; Histological structure

日本新糠虾 (*Neomysis japonica*) 属于糠虾科 (Mysidae) 新糠虾属 (*Neomysis*)。广泛分布于我国沿海,特别是河口附近的低盐水域或半咸水环境中。其体形很小,成体约 1 cm 左右^[1]。目前除靠天然捕捞外,糠虾类的人工增殖也取得了一定进展^[2],而人工培育糠虾的关键就是弄清糠虾的性腺发育规律。迄今为止,国内外有关糠虾类性腺发育的研究较少^[3-5],而日本新糠虾的研究还是空白。本文首次研究了成年日本新糠虾雄性生殖系统的解剖特征和组织结构,以便更好地掌握其繁殖规律,丰富糠虾类的繁殖生物学内容,为育苗生产提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料 日本新糠虾于 2006 年 4 月 11 日采自崇明县北支大兴垦区养殖池塘(盐度 5 左右),充氧运输 4 h 回实验室,暂养在 30 L 的玻璃缸中,养殖用水盐度为 5(盐卤加自来水配置,充分曝气 24 h 后使用),微量充气,自然光照,每天投喂两次 24 h 新孵的卤虫无节幼体,每两天换 1/3 水。蓄养 7 d 后采集 10 尾体长 1 cm 左右的成熟雄体(交接器和雄叶均发育完全且具刚毛,第四腹肢延长至第六腹节末端)。

1.2 实验方法

1.2.1 常规石蜡切片 选择活力旺盛的成熟雄体,Bouin's 液整体固定 24 h,酒精梯度脱水,二甲苯透明,石蜡包埋(56 ~ 58℃),Leica RM2016 型切片机连续切片,厚度 5 μm, H.E 染色,中性树脂封片。配备 Nikon E950 数码相机的 Olympus BH-2 型显微镜观察与拍照, Motic Images Advanced 3.0 软件测量精原细胞、精母细胞和精细胞的大小。配有目测微尺的 JNOEC

XS-212-201 型显微镜测量输精管管径及交接器的长短径。

1.2.2 活体精子涂片 选择活力旺盛的成熟雄体,迅速在 Leica ZOOM 2000 型解剖镜下取出精巢,置于干净的载玻片上,用解剖针刺破输精管并均匀涂抹,风干后滴加 Bouin's 液固定 2 h, 70% 酒精冲洗, H.E 染色后观察并拍照。

2 结 果

2.1 雄性生殖系统的解剖学特征 日本新糠虾的雄性生殖系统由精巢、输精管和交接器组成,位于第 2 ~ 8 胸节间,紧贴心脏腹面,肠道背面,周围被消化腺包裹(图 1:A)。一条“n”形窄的精索分布于第 2 ~ 5 胸节间,其向侧面延伸形成 19 ~ 21 个对称的精母细胞囊及与之相连的 19 ~ 21 个精子细胞袋,精子细胞袋位于精母细胞囊背部偏侧的位置,与精母细胞囊和精索共同构成精巢(图 1:B)。输精管也呈“n”形,位于精索的背面,精子细胞袋通过一个短窄的通道与输精管前段相连(图 1:B)。输精管左右支向后逐渐变细,在第 8 胸节向腹侧弯曲,变得更细,随后膨大形成壶腹,壶腹向后管径变细通入交接器中,并在交接器末端膨大(图 1:A,B)。交接器位于第 8 胸肢基部,腹中线附近,略呈弧形(图 1:A),长约 0.5 mm,直径约 0.2 mm,成熟雄体的交接器上具有刚毛。

2.2 雄性生殖系统的组织学观察

2.2.1 精巢 精巢结构见图版 I:1。从精索,经精母细胞囊,到精子细胞袋依次分布着不同发育阶段的精细胞。

在刚发育成熟、个体较小的雄体中,精索壁由外向内依次为结缔组织膜和生精上皮层,生

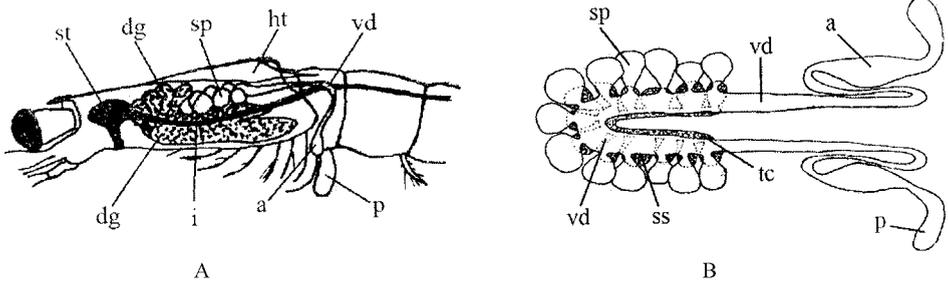


图 1 成年日本新糠虾雄性生殖系统

Fig. 1 Male reproductive system of adult *Neomysis japonica*

A. 成年日本新糠虾雄性个体; B. 成年日本新糠虾雄性生殖系统背面观;

a. 壶腹; dg. 消化腺; ht. 心; i. 肠; p. 交接器; sp. 精子细胞袋; ss. 精母细胞囊; st. 胃; tc. 精索; vd. 输精管。

A. Adult male *Neomysis japonica*; B. The dorsal view of male reproductive system of adult *Neomysis japonica*;

a ampulla; dg digestive gland; ht heart; i intestines; p penial sacculation; sp spermatidic pouch;

ss spermatocytic sacculation; st stomach; tc testicular cords; vd vas deferens.

精上皮层由 1~3 层排列紧密的生精上皮细胞组成(图版 I:1)。生精上皮细胞不断增殖、分化形成 I 型精原细胞,散落到精索腔中。I 型精原细胞胞体较大,椭圆形,平均直径为 $8.4 \mu\text{m} \times 5.3 \mu\text{m}$;细胞核几乎占据整个细胞,细胞质很少,染色质呈细粒状分布于核膜内侧,核质嗜酸性强。I 型精原细胞不断分裂形成 II 型精原细胞。II 型精原细胞形状与 I 型精原细胞相似,平均直径为 $4.2 \mu\text{m} \times 3.6 \mu\text{m}$ 。在个体较大的成熟雄体中,精索壁的生精上皮层不易观察,精索腔中含极少量的 I 型精原细胞和大量 II 型精原细胞(图版 I:2)。

精母细胞囊仅由一层结缔组织膜包裹,其中主要含 II 型精原细胞和处于减数分裂前期 I 早期阶段的初级精母细胞(图版 I:3)。初级精母细胞呈卵圆形,排列较紧密,比 II 型精原细胞大,平均直径为 $5.3 \mu\text{m} \times 3.8 \mu\text{m}$,胞核几乎占据整个细胞,染色质呈小块状分布,处于减数分裂前期 I 的早期阶段。这里的初级精母细胞进入精子细胞袋中进一步发育。

精子细胞袋壁由三层组成:外层的结缔组织、中间的薄肌层和内层的柱状上皮细胞(图版 I:6)。精子细胞袋中的细胞种类较多,主要为处于不同分裂时相的初级精母细胞、次级精母细胞和精子细胞(图版 I:4~6),在一些袋中还

有大量成熟精子(图版 II:7)。减数分裂前期 I 较晚阶段的初级精母细胞,较精母细胞囊中的早期细胞稍大,平均直径为 $5.9 \mu\text{m} \times 4.1 \mu\text{m}$,染色质较早期细胞浓缩,呈块状分布(图版 I:4)。分裂中期 I 的精母细胞,核膜逐渐消失,染色体整齐地排列在赤道板上(图版 I:5)。分裂后期 I 的精母细胞,染色体对称地分布在细胞的两端(图版 I:5)。次级精母细胞在组织切片中比较少见,形状与初级精母细胞相似,略小于初级精母细胞,平均直径为 $4.8 \mu\text{m} \times 3.3 \mu\text{m}$ (图版 I:5)。精子细胞呈椭圆形,胞体较小,平均直径为 $3.7 \mu\text{m} \times 2.8 \mu\text{m}$;其染色质呈细粒状沿核膜内侧分布,似环形(图版 I:5,6)。精子细胞一旦形成,精子细胞袋内层的柱状上皮细胞即向袋腔内延伸,胞核拉长,胞质深入腔中,将精子细胞包围(图版 I:6)。精子细胞进一步分化形成成熟精子。成熟精子呈折线形,头部与尾部之间有一个约 15° 的转角,且头部较短,尾部相当长(图版 II:12)。成熟精子呈簇分布形成精子束,精子束以辐射状分布在袋腔中(图版 II:7)。精子束通过一个短窄的通道(图版 II:8)被输送至输精管中。

2.2.2 输精管和交接器 日本新糠虾的输精管壁由三层组成,从外向内依次为结缔组织、肌肉层和单层柱状上皮。在输精管的同一横切面

上,管壁厚度不一样,较厚部分的上皮细胞胞核呈椭圆形,胞质中含有空泡,较薄部分的上皮细胞胞核扁平且胞质中不含空泡(图版 II:9)。输精管腔中含有大量被嗜酸性物质包裹的精子束,每个精子束由 5~9 个不等的精子围成一圈(大多数由 6 个组成),精子束内外均呈嗜酸性(图版 II:9)。与精巢相连的输精管管径为 $190 \mu\text{m} \times 140 \mu\text{m}$ (图版 II:9),向后管径逐渐变细,至第 8 胸节时约为 $150 \mu\text{m} \times 120 \mu\text{m}$ (图版 II:10);向腹侧弯曲的一段,管径更细,为 $80 \mu\text{m}$ (图版 II:10),而后输精管骤然膨大形成壶腹,壶腹的管壁结构及管腔内容物都与输精管相似,但管腔较大(图版 II:10)。壶腹向后管径变细伸入交接器中,在交接器末端膨大。交接器壁由外侧的角膜层和内侧的上皮细胞层组成;交接器内的肌肉层加厚,外层为环肌层,内层为纵肌层,管腔内仍为大量嗜酸性物质和精子束(图版 II:11)。

3 讨论

3.1 精巢 日本新糠虾的精巢结构与其他糠虾类的基本相似,但也有所不同。日本新糠虾的精索呈“n”形,在精巢前端的组织切片上,可见左右精索连在一起(图版 I:2),而其他糠虾类的精索为两条平行的管子,前端并不相连^[4,5];日本新糠虾的精母细胞囊和精子细胞袋的数量均为 19~21 个,而长额节糠虾(*Siriella armata*)的为 6~10 个^[5],这都体现了不同种类糠虾间的差异性。

在刚发育成熟、个体较小的日本新糠虾雄体中,精索壁含有生精上皮层,而个体较大的成熟雄体中,生精上皮层不易观察,这是由于随着成熟精巢的进一步发育,生精上皮层逐渐退化甚至消失,这与甲壳动物中的隆线蚤(*Daphnia carinata*)精巢的生殖上皮发育规律相似^[6]。

3.2 输精管和交接器 其他糠虾类输精管前段与精巢相连的部分和后段在组织学上有明显的区别,即前段高度嗜酸性,后段高度嗜碱性,所以研究者将前段命名为贮精囊(seminal vesicle),后段才称输精管(vas deferens)^[4],而日

本新糠虾的输精管前后段在组织学上基本相同,所以作者将其统一命名为输精管。

日本新糠虾同一切面的输精管管壁厚度不一样,较厚部分的上皮细胞胞核呈椭圆形,胞质中含有空泡,较薄部分的上皮细胞胞核扁平,胞质中不含空泡(图版 II:9)。这种构造与十足目的一些种类相似,如日本沼虾(*Macrobrachium nipponense*)、秀丽白虾(*Exopalaemon modestus*)和锯齿米虾(*Caridina denticulata*)的输精管壁中均有高柱状和低柱状两种上皮细胞,且高柱状上皮细胞分泌嗜碱性基质,低柱状上皮细胞分泌嗜酸性基质^[7-9]。日本新糠虾输精管上皮细胞的功能还需进一步研究。

日本新糠虾的壶腹管壁与输精管一样,没有厚的肌肉层,只是管腔膨大,所以不同于射精管,它只是用来暂时储存精子。交接器内的肌肉层发达,外层为环肌,内层为纵肌(图版 II:11),所以真正起到射精作用的应为交接器。交接器壁由外侧的角膜层和内侧的上皮细胞层组成,对内部结构起到一定的防御和保护作用。

3.3 精子发生和成熟精子的形态分布 日本新糠虾的精子发生途径不同于其他甲壳动物^[7-10],不是从生精小管一侧的生发区向管腔成熟推进,形成生殖带,而是从精巢的精索开始发育,经精母细胞囊,向精子细胞袋推进成熟。组织切片上可见,各段精子细胞袋中的精细胞发育不同步,而同一段对称的精子细胞袋中,精细胞发育同步(图版 II:7),这就保证了成熟精子的持续供给,为糠虾的多次交配提供基础。

日本新糠虾的成熟精子呈折线形,其头部与尾部之间有一个约 15° 的转角,且头部较短,尾部相当长(图版 II:12),这种精子形状与黑褐新糠虾(*Neomysis awatschensis*)的十分相似^[4]。精子在精子细胞袋中一旦形成,就聚集呈簇形成精子束,精子束以辐射状分布在精子细胞袋中,且被嗜酸性物质包裹形成类似甲壳动物精英的结构(图版 II:7)。这种似精英结构的精子束通过精子细胞袋与输精管之间的短窄通道进入输精管中,沿输精管向后一直被运输至交接器。随着糠虾种类不同,每个精子束所含的精

子数量也不同。大眼糠虾 (*Mysis oculata*) 弯曲大糠虾 (*Praunus flexuosus*) 黑褐新糠虾和一种原糠虾 (*Archaeomysis grebnitzkii*) 的精子束分别含有 50、4、16 和 100 个左右的精子^[4], 而日本新糠虾含有 6 个左右(图版 II :9), 这种差异可以作为种间鉴别的依据。

致谢 上海水产大学中心实验室为本实验提供了许多方便; 上海水产大学硕士研究生姚桂桂、本科生谭为韵、曾幼梅与赵婵玲参与部分工作, 在此一并表示感谢。

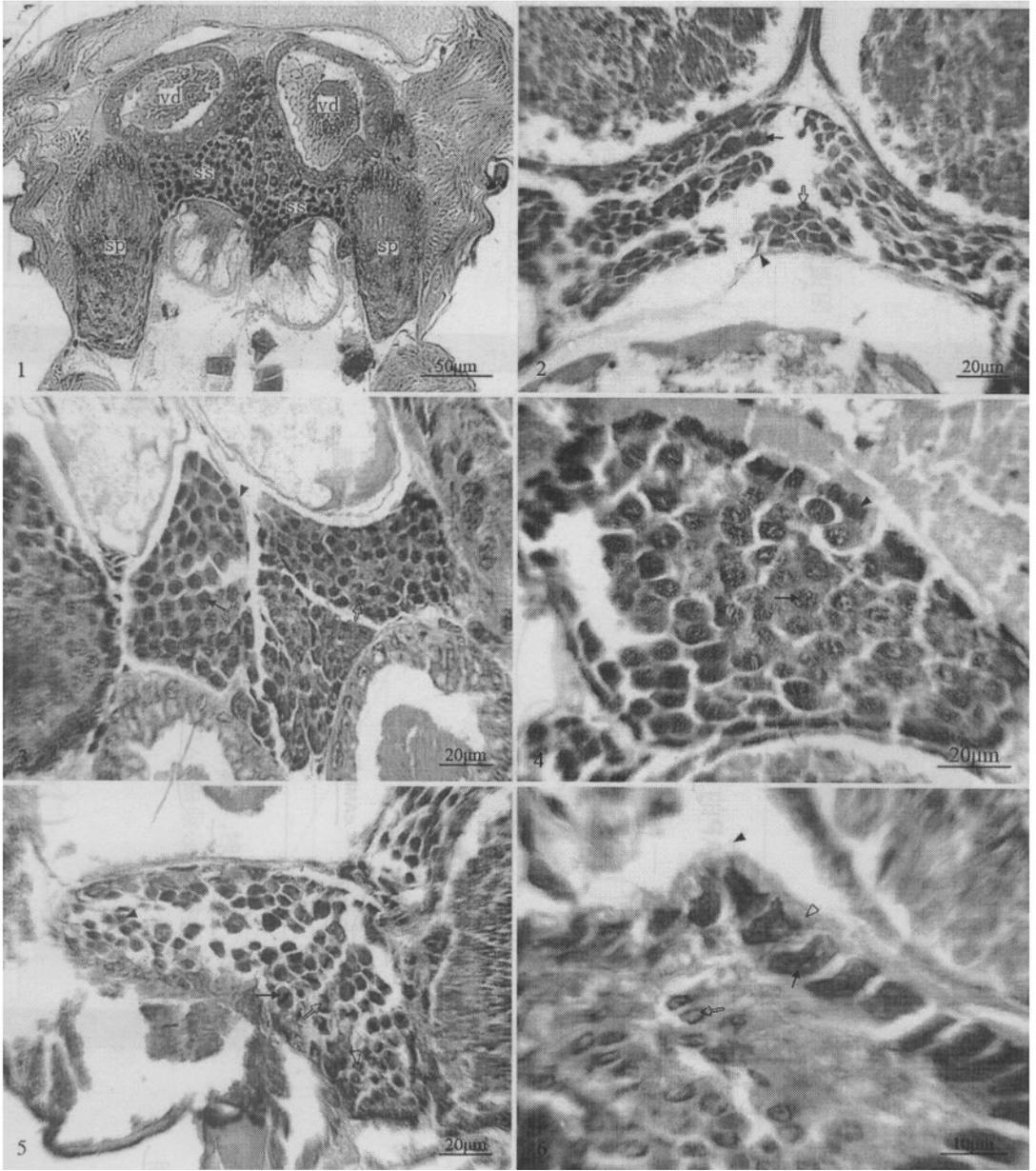
参 考 文 献

- [1] 刘瑞玉, 王绍武编著. 中国动物志 节肢动物门 甲壳动物亚门 糠虾目. 北京: 科学出版社, 2000, 56.
- [2] 陈金佳. 人工培养糠虾技术. 科学养鱼, 2003, 7: 53.
- [3] Nair K B. The reproduction, oogenesis and development of *Mesopodopsis orientalis*. *Tatt Proc Ind Acad Sci*, 1939, 9: 175 ~ 223.
- [4] Kasaoka L D. The male genital system in two species of mysid crustacea. *J Morphol*, 1974, 143: 259 ~ 284.
- [5] Cuzin-Roudy J, Berreur-Bonnenfant J, Fried-Montaufier M C. Chronology of post-embryonic development in *Siriella armata* (M. Edw.) (Crustacea: Mysidacea) reared in the laboratory: growth and sexual differentiation. *Int J Invert Reprod*, 1981, 4: 193 ~ 208.
- [6] 张明凤, 赵云龙, 曾错等. 隆线蚤雄性生殖系统的组织学研究. 华东师范大学学报(自然科学版), 2004, 12(4): 111 ~ 116.
- [7] 邱高峰, 堵南山, 赖伟. 日本沼虾雄性生殖系统的研究——雄性生殖系统的结构和发育. 上海水产大学学报, 1997, 4(2): 107 ~ 111.
- [8] 黄海霞, 谈奇坤, 郭延平. 秀丽白虾繁殖生物学研究 I——雄性生殖系统的结构与发育. 安徽师范大学学报(自然科学版), 1999, 22(3): 231 ~ 235.
- [9] 邓道贵, 郭生林. 锯齿米虾雄性生殖系统的组织学研究. 淮北煤师院学报, 2001, 22(1): 25 ~ 28.
- [10] 堵南山, 薛鲁征, 赖伟. 中华绒鳌蟹雄性生殖系统的组织学研究. 动物学报, 1988, 34(4): 329 ~ 336.

杨丽娜等 成年日本新糠虾雄性生殖系统的组织学

图版 I

YANG Li-Na et al. :Histology of Male Reproductive System of Adult *Neomysis japonica* Plate I



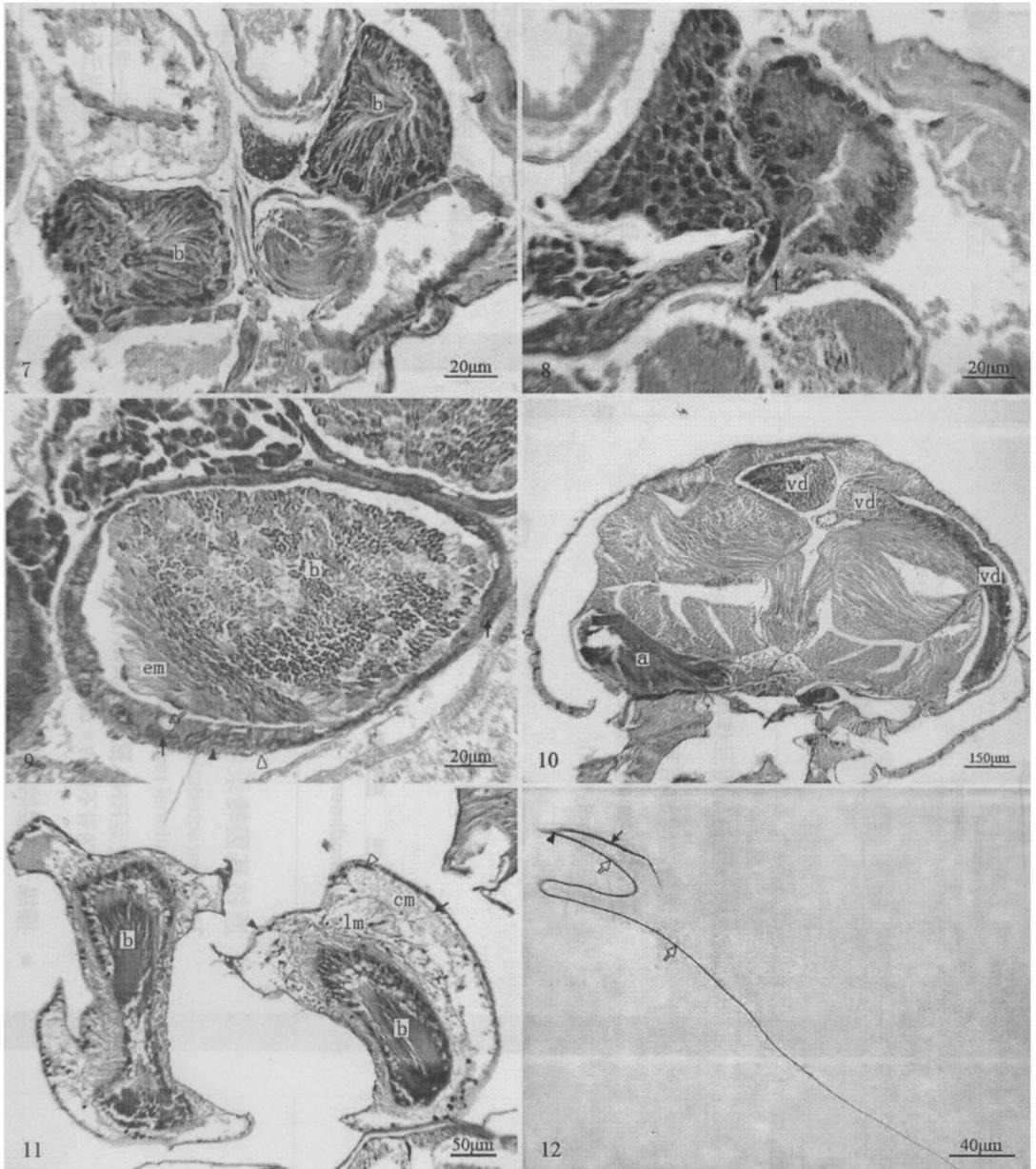
1. 雄性生殖系统横切 示精索、精母细胞囊 (ss)、精子细胞袋 (sp) 和输精管 (vd) 以及精索中的生精上皮 (▲)、I 型精原细胞 (↑) 和 II 型精原细胞 (◇) × 200 ; 2. 精索前端, 示 I 型精原细胞 (↑)、II 型精原细胞 (◇) 和结缔组织 (▲) × 400 ; 3. 精母细胞囊, 示 II 型精原细胞 (◇)、初级精母细胞 (↑) 和结缔组织 (▲) × 400 ; 4. 早期精子细胞袋, 示初级精母细胞 (↑) 和上皮细胞 (▲) × 400 ; 5. 发育期精子细胞袋, 示减数分裂中期 I 细胞 (↑)、减数分裂后期 I 细胞 (◇)、次级精母细胞 (▲) 和精子细胞 (△) × 400 ; 6. 发育后期精子细胞袋, 示精子细胞 (◇)、结缔组织 (▲)、肌肉层 (△) 和上皮细胞 (↑) × 1 000。

1. The cross section of male reproductive system, showing testicular cords, spermatocytic sacculation (ss), spermatidic pouch (sp), vas deferens (vd), germinal epithelium (▲), spermatogonium I (↑) and spermatogonium II (◇) in testicular cords × 200 ; 2. Spermatogonium I (↑), spermatogonium II (◇) and connective tissue (▲) in the forepart of testicular cords × 400 ; 3. Spermatogonium II (◇), primary spermatocyte (↑) and connective tissue (▲) in spermatocytic sacculation × 400 ; 4. Primary spermatocyte (↑) and epithelium (▲) in early spermatidic pouch × 400 ; 5. Metaphase I (↑), anaphase I (◇), secondary spermatocyte (▲) and spermatid (△) in developing spermatidic pouch × 400 ; 6. Spermatid (◇), connective tissue (▲), muscle layer (△) and epithelium (↑) in later spermatidic pouch × 1 000.

杨丽娜等 成年日本新糠虾雄性生殖系统的组织学

图版 II

YANG Li-Na et al. Histology of Male Reproductive System of Adult *Neomysis japonica* Plate II



7.发育晚期的精子细胞袋,示精子束(b)×400;8.精子细胞袋与输精管间的通道(↑)×400;9.输精管,示精子束(b)、嗜酸性物质(em)、结缔组织(△)、肌肉层(▲)、上皮细胞(↑)和空泡(↑)×400;10.输精管向腹部弯曲段(vd)和壶腹(a)×100;11.交接器,示交接器壁的角质层(▲)和上皮细胞层(△)以及其内的结缔组织(↑)、环肌层(cm)、纵肌层(lm)、上皮细胞层(↑)和精子束(b)×200;12.成熟精子,示精子头部(↑)、转角点(▲)及尾部(↑)×400。

7. Sperm bundles (b) in final spermatidic pouch ×400; 8. The duct between spermatidic pouch and vas deferens (↑) ×400; 9. Sperm bundles (b), eosinophilic material (em), connective tissue (△), muscle layer (▲), epithelium (↑) and vesicle (↑) in vas deferens ×400; 10. The vas deferens which turns ventrally (vd) and ampulla (a) ×100; 11. Penial sacculation showing cuticle or exoskeleton (▲) and epithelium (△) of the wall and connective tissue (↑), circular muscle (cm), longitudinal muscle (lm), epithelium (↑) and sperm bundles (b) in it ×200; 12. The head (↑), angular juncture (▲) and tail (↑) of the mature sperm ×400.