

# 光裸方格星虫消化道的形态和组织学观察

吴鹏飞 王嫣 顾志峰 石耀华 王爱民\*

(海南大学海洋学院 热带生物资源教育部重点实验室 海南省热带水生生物技术重点实验室,海口 570228)

**摘要** 对光裸方格星虫 *Sipunculus nudus* 消化道各部分结构进行了形态学和组织学观察,表明消化道由口、咽、食道、肠、直肠和肛门组成。口四周着生有触手形成口盘,咽短与口分界不明显,食道随翻吻伸缩,肠道极长,通过 3 个回折及螺旋缠绕成肠索,直肠上附有直肠盲囊。消化道管壁由内向外分为黏膜层、黏膜下层和外膜,没有连续的肌肉层,只有数量不等的肌纤维在黏膜下层。黏膜上皮主要由柱状细胞组成。除肠外,消化道上皮细胞均有发达的纤毛。消化道各部位的褶皱形态、黏膜下层和肌纤维数量都具有差异。  
**关键词** 光裸方格星虫 消化道 形态学 组织学

## Morphological and histological observations on digestive tract of *Sipunculus nudus*

WU Peng-fei WANG Yan GU Zhi-Feng SHI Yao-Hua WANG Ai-ming

(Key Laboratory for Tropical Biology Resources, Ministry of Education; Hainan Key Laboratory of Tropical Hydrobiology Technology, Ocean College, Hainan University, Haikou 570228)

**ABSTRACT** Morphological and histological observations on the digestive tract of *Sipunculus nudus* were conducted with light microscopy. The digestive tract consists of mouth, pharynx, esophagus, intestine, rectum and anus. The mouth is surrounded by tentacles to form a mouth tray, and the pharynx is short and has no clear borderline with the mouth. The esophagus can draw back and forth. The intestine is very long and reverses three times to form a spiral. Caecum is attached to rectum. The wall of digestive tract is composed of mucosa, submucosa and adventitia, having no continuous muscle layer, only with numbers of muscle fibers in the submucosa. The epithelium of the mucosa membrane in digestive tract is mainly composed of columnar cells with developed microvilli except for intestine. The form of plica, the submucosa and the quantity of muscle fibers are also different among various parts of the digestive tract.

**KEY WORDS** *Sipunculus nudus* Digestive tract Morphology Histology

光裸方格星虫(*Sipunculus nudus*) 隶属环节动物门方格星虫纲,方格星虫目,方格星虫科,方格星虫属,为世界广泛分布的种类(李凤鲁等,1990、1992),在我国山东、福建、广东、广西、海南均有分布,又称光裸星虫、方格星虫,俗称沙虫、沙肠子等。

在我国,光裸方格星虫一直是沿海当地居民喜食的海产品。从上世纪 90 年代以来,由于市场价格攀升导致过度采挖,另加滩涂开发和环境污染,加速了方格星虫自然资源的衰竭,因此,保护资源和发展人工增养殖已普遍受到人们的高度重视。

国外学者对星虫研究主要有生殖细胞的发育和成熟过程(Green,1975),周年生殖周期(Towel,1967);而对方格星虫主要有生理(Portner,1984;Edward,1995)和生态(Rice,1986)等方面的研究。

\* 通讯作者。E-mail: aimwang@163.com

作者简介:吴鹏飞(1984-),男,硕士研究生,主要从事海水养殖与生态研究。E-mail: [wpf19840321@163.com](mailto:wpf19840321@163.com)

在国内有学者对我国星虫的分类及分布做了较系统的报导(李凤鲁等, 1990、1992), 对光裸方格星虫繁殖生物学和胚胎发育等做了较全面研究(郭学武等, 1993; 吴斌, 1999; 兰国宝等, 2002、2003、2007; 李进寿等, 2004; 王庆恒等, 2005), 这些研究为光裸方格星虫人工育苗奠定了了的基础。但对星虫类消化生理进行研究得很少, 仅见对可口革囊星虫消化道(*Phascolosoma esculent*) (应雪萍, 2005) 和太平洋革囊星虫(*P. pacificum*)消化道(邓中日等, 2007) 的研究, 但未见对光裸方格星虫的研究报道, 本文通过解剖学和组织学方法, 观察了光裸方格星虫消化道的形态和组织结构, 以期了解光裸方格星虫的消化生理, 为人工养殖光裸方格星虫选择和研制饵料研究提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

本实验所用光裸方格星虫于 2008 年 9-12 月取自海南省儋州市光村镇潮间带, 每次取 30 条, 每条个体重 8-15g, 体长 7-12 cm。

### 1.2 实验方法

将星虫带回实验室后, 放入塑料桶充气暂养 3-5 天, 待其消化道内完全排净沙后, 选取体壁完好的个体进行解剖, 剪取消化道各段用 Bouin's 液固定, 逐级酒精脱水, 二甲苯透明, 石蜡包埋, 常规切片, 切片厚度为 7 $\mu$ m, HE.染色, Olympus DP12 显微镜数码相机系统观察和照相。



图版 A: 光裸方格星虫整体背面观;

B: 光裸方格星虫整体解剖图;

Plate A: Dorsal outlook of *S. nudus*;

B: Dissection outlook of *S. nudus*

注: i. 翻吻; p. 咽; r. 收吻肌; b. 脑神经节; e. 食道; re. 直肠; in. 肠; t.o. 簇器; a. 肛门; neph. 肾管; r.d. 直肠盲囊; n. 神经索; 1. 肠第一回折; 2. 肠第二回折; 3. 肠第三回折;

Note: i. ?; p. Pharynx; r. ?; b. Brain ganglion; e. Esophagus; re. Rectum; in. Intestine; t.o.: ?; a. Anus; neph. Nephridium; r.d.: Rectal caecum; n. Neurochord; 1. First intestine turn; 2. Second intestine turn; 3. Third intestine turn

## 2 结果

### 2.1 消化系统的形态学观察

光裸方格星虫消化系统包括口(mouth)、咽(pharynx)、食道(esophagus)、肠(intestine)、直肠(rectum)和肛门(anus),在直肠上附有直肠盲囊(rectal caecum)(图 1A-B)。

#### 2.1.1 口、咽和食道

翻吻的前端为口,在摄食时翻吻翻出,口四周围绕生长着辐射状的触手,触手具有呼吸、摄食和感应的作用,口与触手形成口盘。咽短而宽,外面被一环状结构围绕;口和咽分界不明显。咽后连接着食道,食道穿行于翻吻中,光裸方格星虫的翻吻为躯干体壁的延伸,较薄不透明,呈棕褐色或黄色,当吻外翻向前端伸展时,食道随着吻拉伸;当吻收缩时,食道则弯曲在体腔内(图 1-A)。

#### 2.1.2 肠

在躯干前端,食道末端被来源于体壁细丝状固肠肌附着后,开始形成肠,缺少胃。光裸方格星虫的肠比较特殊,在连接食道的肠下行至身体后端 1/3 处回折向上,到收吻肌再回折向下,直到身体末端再回折向上直至肛门,总共有 3 个回折,每个回折的上下行肠都相互螺旋盘绕,相互螺旋盘绕后的两条再度相互螺旋盘绕,因而光裸方格星虫的消化道很长,约为体长的 3 倍,肠的螺旋数约为 20,肠由大量丝状的固肠肌固定在内体壁。有一条鲜红色的线贯穿整条肠道,不过越往肛门越淡,从食道下来到第二个回折拐点最鲜红,第三个回折到直肠段最淡。肠从前往后大小没有明显变化,肠内腔伸缩性较大,在肠内有沙或有水泡时,肠腔都会伸展膨大(图 1-B)。

#### 2.1.3 直肠和肛门

直肠是位于肠末端一段短直的肠道,并没有与其它肠段相缠绕,末端有辐射出去的翼状肌固定于体壁上。直肠盲囊开口在直肠上,为一条黄色细长的盲管,由距肛门很近处紧贴直肠,向身体后端下行,长度约为体长的 1/3,管内充满黄色液体。肛门为一疣状突起的横裂缝,开口在距身体前端体壁背面 1/3 处(图 1-B)。

### 2.2 消化系统的组织学观察

消化道管壁由内向外分为黏膜层、黏膜下层和外膜,没有连续的肌肉层,只有在黏膜下层散布着数量不等的肌纤维。黏膜下层为疏松结缔组织,其中分布着丰富的血管、神经和少量的平滑肌纤维。

#### 2.2.1 咽

咽由内向外分为黏膜层、黏膜下层和外膜(图版 -1)。黏膜向腔内褶成“U”形褶皱,褶皱较深,褶皱上着生有很多纤毛。黏膜上皮主要为假复层柱状纤毛上皮,由纤毛柱状细胞和杯状细胞等组成,细胞的高矮不等,细胞核位置参差不齐。黏膜下层为疏松结缔组织,其中分布着丰富的颗粒细胞、血管、神经和少量的平滑肌纤维,外膜层较薄为扁平上皮。咽壁凹陷处厚为 50-70 $\mu\text{m}$ (图版 -2)。

#### 2.2.2 食道

食道的横切面清晰可见黏膜、黏膜下层和外膜,黏膜层为单层柱状纤毛上皮细胞,细胞核近基部,呈圆形或椭圆形(图版 -3)。食道黏膜纵行褶皱呈长指状,没有咽部发达。黏膜下层为疏松结缔组织,其中分布着丰富的血管、神经和大量的平滑肌纤维,肌纤维比咽和肠多,在贴近外膜有比较连续的肌层,很薄不是很明显。黏膜下层还分布着少量嗜酸性颗粒细胞。外膜相对较厚、结构完整。食道凹陷处壁厚为 70-80 $\mu\text{m}$ (图版 -4)。

#### 2.2.3 肠

从连续切片看,肠道各段的组织结构均有所不同,但肠壁组成结构相同;肠腔的大小不一,肠的前段肠壁厚,管腔小,而后段肠壁薄,管腔大。肠壁明显比咽和食道薄(图版 -5)。

肠壁同样由黏膜、黏膜下层和外膜三层结构组成。肠的黏膜上皮为单层柱状上皮,上皮

细胞呈柱状或梭形,胞核位置不一,圆形或椭圆形。上皮细胞游离面具有相当发达的微绒毛。黏膜层向内突起形成大波浪形的褶皱,黏膜下层结缔组织较少,除了褶皱内填充大量外,在凹陷的部位只有很薄一层,很贴近外膜。黏膜下层分布着少量嗜酸性颗粒细胞和杯状细胞。结缔组织内零散分布着少量肌纤维,数量比咽和食道少得多。通过形态学及组织学比较,离肛门距离越近,肠壁越薄;肠褶皱数越少,深度明显小。从连续切片看,每片肠横切片都有两个较大且相连扇形褶皱,在肠充盈时都不伸展,其它的褶皱随肠充盈伸展开,贴近外膜(图版 -7),这两个褶皱高度为 300-400  $\mu\text{m}$  (图版 -8)。肠壁凹陷处厚为 50-60 $\mu\text{m}$ ,在肠充盈肠壁伸展开时,厚为 20-30 $\mu\text{m}$  (图版 -6)。

#### 2.2.4 直肠

直肠黏膜层为单层纤毛柱状细胞所构成,黏膜向腔面褶成指状褶皱,褶皱数比肠明显减少,深度也比肠短。接近肛门段黏膜上皮的纤毛消失。指状突起的空腔为黏膜下层,黏膜下层为疏松结缔组织(图版 -9)。结缔组织内分散着肌纤维,数量比肠多,越靠近肛门的直肠,肌纤维越多,疏松结缔组织也越厚;在靠近肛门裂缝,有一层很厚的环肌,控制着肛门排沙时的收缩。外膜为薄的浆膜。直肠壁凹陷处厚为 60-80 $\mu\text{m}$  (图版 -10)。

#### 2.2.5 直肠盲囊

直肠盲囊结构简单,囊壁很薄,贴近直肠的囊壁较厚,通过结缔组织与直肠相连(图版 -11)。囊壁分两层,外层为单层扁平上皮,内层为柱状上皮,中间为结缔组织,内有空泡状的颗粒细胞。上皮细胞排列有序,形成明显的膜层。直肠盲囊壁厚为 20-30  $\mu\text{m}$  (图版 -12)。

### 3 讨论

从解剖光裸方格星虫结构观察,将其消化道分为口、咽、食道、肠、直肠和肛门。观察发现光裸方格星虫与应雪萍等(2005)研究的可口革囊星虫及邓中日等(2007)研究的太平洋革囊星虫在消化系统上基本相同,根据李凤鲁等(1992)对我国星虫分类及分布的研究,方格星虫与革囊星虫都属于星虫动物,进化关系比较近因而相似处较多。本研究根据邓中日等(2007)对太平洋革囊星虫消化道的划分,将翻吻作为体壁延伸部分。吻中穿行着食道,翻吻有助于摄食和掘穴。

光裸方格星虫的消化系统没有肌层,只在粘膜下层的疏松结缔组织中散布着数量不等的肌纤维,这与应雪萍等(2005)及邓中日等(2007)研究的革囊星虫不同,革囊星虫有连续的肌层。

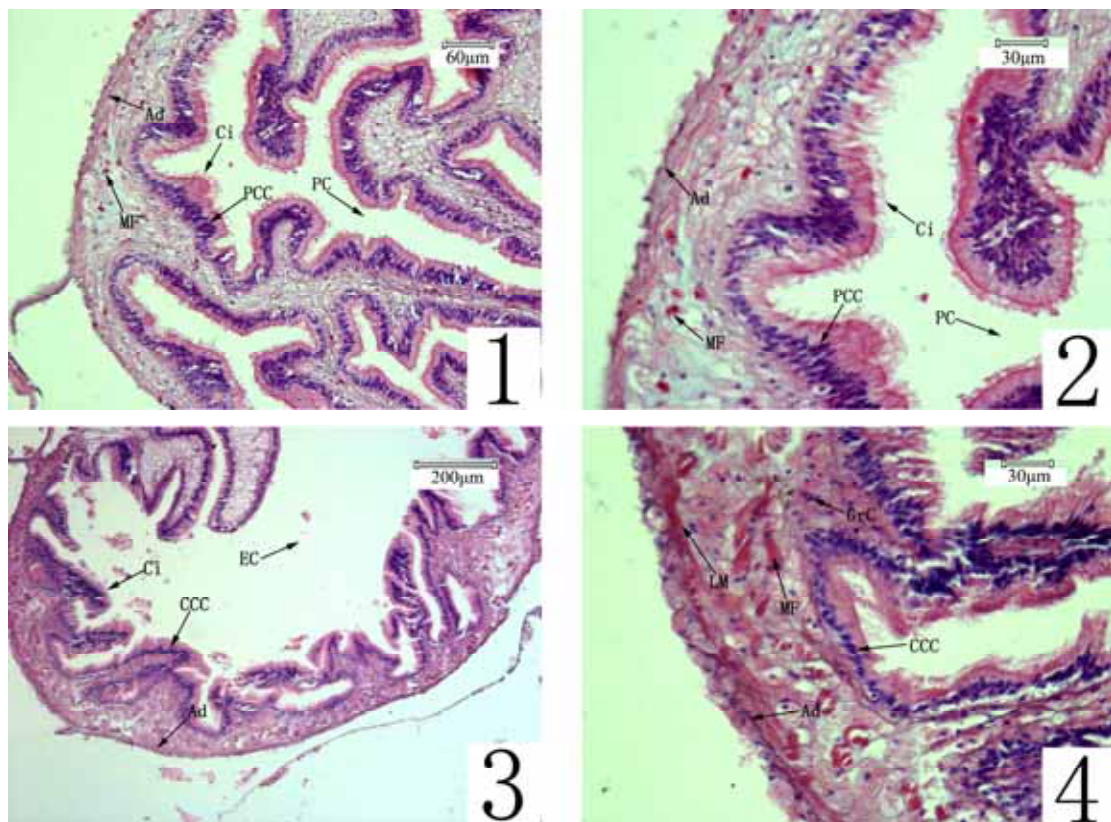
革囊星虫的肠先以下降支(降肠)延伸到躯干的末端,然后以上升支(升肠)反向攀缘回到躯干前端;降肠、升肠以纺锤肌为轴相互盘绕,使肠呈双螺旋状,并通过细丝状的肌肉与纺锤肌相连,整段肠沿着纺锤肌缠绕形成肠索(应雪萍等,2005)。而方格星虫肠下行至身体后端 1/3 处回折向上,到收吻肌再回折向下,直到身体末端再回折向上直至肛门,总共有 3 个回折,每个回折的上下行肠都相互螺旋盘绕,相互螺旋盘绕后的两条再度相互螺旋盘绕。体腔内没有类似革囊星虫的纺锤肌让肠沿其为轴相互盘绕。而是通过丝状的固肠肌固定在体壁上,悬挂于体腔内,肠壁没有肌层,本身的蠕动能力很弱,但由于肠通过细丝状的肌肉与体壁相连,体壁的伸缩会同时带动肠运动,可以大大增强肠的蠕动能力。消化道的咽、食道和直肠粘膜上皮都有纤毛,纤毛的摆动起运送食物颗粒的作用,而直肠处纤毛的摆动有利于粪便的及时排出。

光裸方格星虫没有专门的消化腺,同可口革囊星虫一样(应雪萍等,2005),因而两者都是通过回折及缠绕的肠道来延长食物在体内的消化与吸收。而与亲缘关系较近的环节动物岩虫(*Marphysa sanguinea*)却不同,岩虫的肠显得直短且粗,而且岩虫是通过消化盲囊来扩大肠的消化面积,消化盲囊与肠腔相通,其直径在肠的中部达到最大,约是肠直径的 20 倍(毛昕等,2007)。肠的不同可能是因食性的不同引起的,岩虫是杂食性动物,具有颚齿,

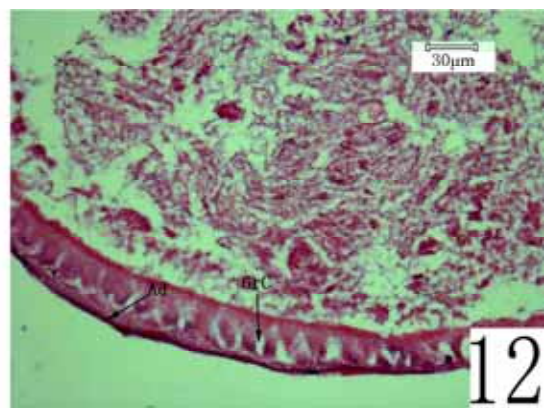
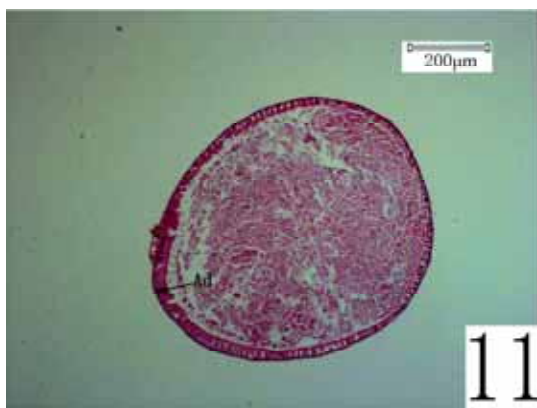
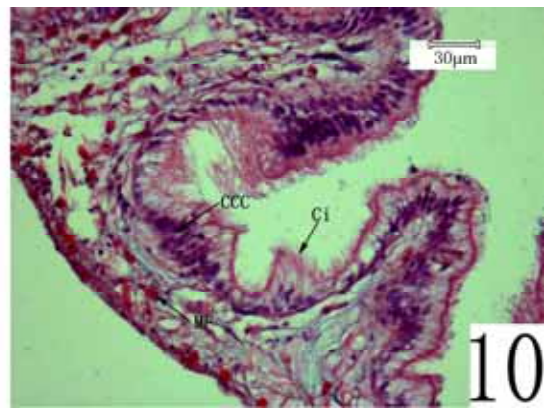
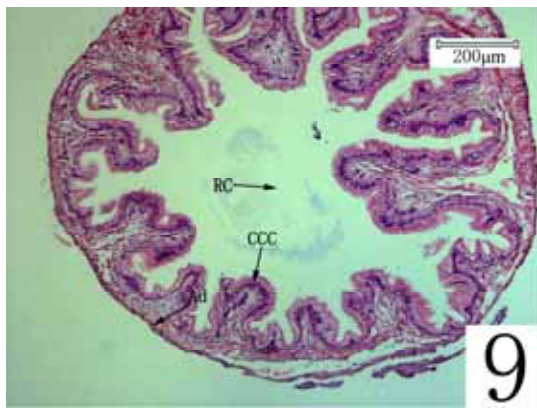
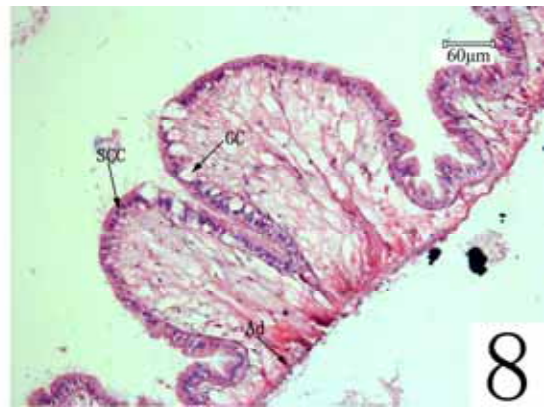
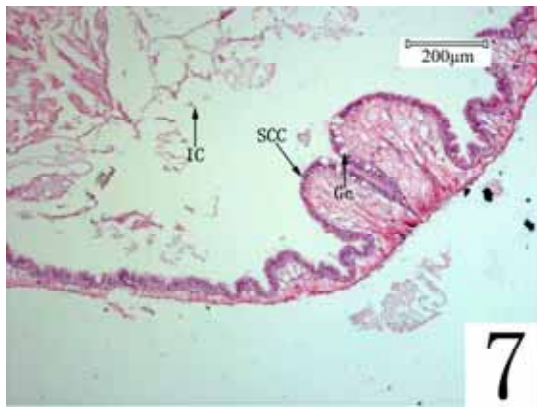
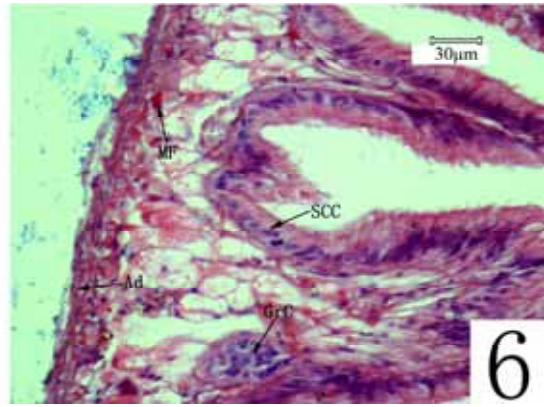
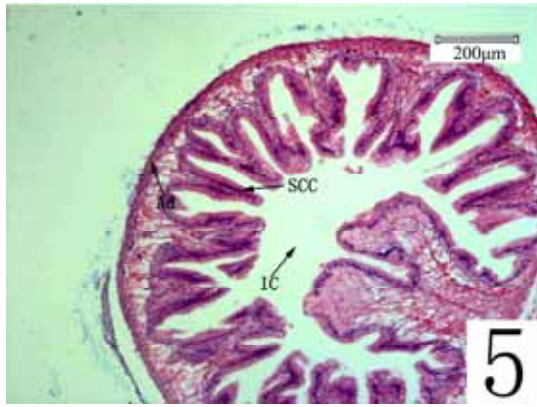
能摄食高蛋白的动物。光裸方格星虫食道和肠的黏膜上皮有杯状细胞和颗粒细胞，这些细胞能够分泌黏液，这些黏液一方面可能起到消化酶的作用，消化肠道内的食物，另一方面能够润滑食物，有利于食物在肠道的运送；此结果与邓中日等（2007）在太平洋革囊星虫见到的结构特点是一致的。

在光裸方格星虫不同肠段的连续切片都能看到每片横切都有两个较大相邻的褶皱，且在肠充盈时，这两个褶皱都不伸展，其它的褶皱随肠膨大伸展，贴近外膜。这与形态上有一条鲜红色的线贯穿整条肠道相对应，另外分布着丰富的血管、神经和大量的疏松结缔组织，这可能是肠吸收营养物质后向脑部血管运输的重要结构，再从此处向体壁运输。

光裸方格星虫生活在潮间带的泥沙质滩涂中，食物以底栖藻类和有机碎屑为主。从形态及组织结构看，消化道长且结构较复杂，黏膜向腔面褶成许多皱襞，增加了消化吸收的面积；食道及直肠黏膜纤毛发达，有利于含沙物质的顺利通过；而肠作为消化吸收的主体，通过3个相互螺旋的回折来增加消化吸收的长度；肠长及肠腔的褶皱都增强了肠内食物消化和营养物质吸收。光裸方格星虫没有消化腺，而消化道内的杯状细胞和颗粒细胞能否起到消化吸收作用还有需进一步研究证实。







图版 消化道组织结构横切面

Plate Histological structure of transverse section of the digestive tract

注：1.咽横切；2. 咽横切；3.食道横切；4. 食道横切；5.肠横切；6. 肠横切；7. 充盈肠横切；8. 充盈肠横切；9.直肠；10. 直肠；11.直肠盲囊；12. 直肠盲囊×400

Ci: 纤毛；PC: 咽腔；EC: 食道腔；IC: 肠腔；RC: 直肠肠腔 CCC: 纤毛柱状上皮细胞；SCC: 单层柱状上皮细胞；PCC:假复层柱状上皮细胞；MF:肌纤维；Gc: 杯状细胞；GrC: 颗粒细胞；Ad: 外膜；LM: 肌肉层；

Note: 1: Pharynx; 2: Pharynx; 3: Esophagus; 4: Esophagus; 5: Intestine; 6: Intestine; 7: ?; 8: ?; 9: Rectum; 10: Rectum; 11: Rectal caecum; 12: Rectal caecum × 400

Ci: Cilium; PC: Pharynx cavity; EC: Esophagus cavity; IC: Intestine cavity; RC: Rectum cavity; CCC: Cilium columnar epithelium cells; SCC: Single columnar epithelium cell; PCC: Pseudostratified columnar epithelium cell; MF: Muscle fiber; Gc: Gobel cell; GrC: Granular cell; Ad: Adventitia; LM: Lamina muscular

## 参考文献

- 王庆恒, 杜晓东, 黄洪艳, 秦红贵. 2005. 湛江地区光裸星虫的生殖细胞发育和生殖周期. 湛江海洋大学学报, 25(1): 5 ~ 9
- 毛昕, 朱丽岩, 郑家声. 2007. 岩虫消化管组织学、组织化学和超微结构的初步研究. 中国海洋大学学报, 37(6): 961 ~ 967
- 兰国宝, 阎冰. 2002. 方格星虫繁殖生物学研究. 水产学报, 26(6): 503 ~ 509
- 兰国宝, 阎冰, 廖思明. 2003. 方格星虫胚胎与幼体发育的研究. 热带海洋学报, 22(6): 70 ~ 75
- 兰国宝, 廖思明, 阎冰. 2007. 水温对方格星虫幼体发育及变态的影响. 水产学报, 31(5): 633 ~ 638
- 邓中日, 黄勃, 方再光, 文丽繁. 2007. 太平洋革囊星虫消化道解剖学观察. 海洋水产研究, 28(1): 65 ~ 70
- 应雪萍, 童莉里, 黄晓雷. 2005. 可口革囊星虫消化道的形态及组织学结构. 动物学杂志, 40(5): 14 ~ 20
- 李凤鲁, 周红, 王玮. 1992. 中国沿海星虫动物门名录. 青岛海洋大学学报, 22(2): 72 ~ 88
- 李凤鲁, 孔庆兰, 史贵田, 王玮, 周红, 金善福. 1990. 中国沿海方格星虫属(星虫动物门)的研究. 青岛海洋大学学报, 20(1): 93 ~ 99
- 李进寿, 冯丹青, 周时强, 柯才焕. 2004. 光裸方格星虫人工繁殖及生物学的初步研究. 杭州师范学院学报, 3(2): 136 ~ 139
- 吴斌. 1999. 光裸方格星虫生殖细胞及胚胎发育. 广西科学, 6(3): 222 ~ 226
- 郭学武, 李复雪. 1993. 光裸星虫生殖周期的研究. 热带海洋, 12(2): 69 ~ 76
- Edward, E. R., Mary, E. R. 1995. Functional organization of dermal coelomic canals in *Sipunculus nudus* (Sipuncula) with a discussion of respiratory designs in *Sipunculus*. *Invertebrate Biology*, 114(1): 51 ~ 63
- Green, W. 1975. The annual reproductive cycle of *Phascolosoma* (Sipuncula). Belgrade: Naučno Delo Press. 161 ~ 168
- Portner, H. O., Kreutzer, U. 1984. Metabolic adaptation of the intertidal worm *Sipunculus nudus* to functional and environmental hypoxia. *Marine Biology*, 79: 237 ~ 247
- Rice, M. E. 1986. Factors influencing larval metamorphosis in *Golfingia misakia* (Sipuncula). *Bulletin of Marine Science*, 39 (2): 362 ~ 375
- Towle, A., Giese, A. C. 1967. The annual reproductive cycle of the sipunculid *Phascolosoma agassizii*. *Physiol. Zool.*, 40: 229 ~ 237