

弓形革囊星虫组织结构和超微结构观察

李凤麟 赵丽娟 沈海洋 杨光 吴灶和 秦真东* 林鑫*

仲恺农业工程学院动物科技学院, 广东省水环境与水产品安全工程技术研究中心,

广州市水产病害与水禽养殖重点实验室 广州 510225

摘要: 弓形革囊星虫 (*Phascolosoma arcuatum*) 是近年兴起的水产养殖品种, 目前已形成一定养殖规模, 但是其生物学特性相关的研究只有零星报道。本文主要采用石蜡切片苏木精-伊红 (H.E) 染色和扫描电镜方法对弓形革囊星虫的整体形态和各主要器官的结构进行研究。结果表明, 弓形革囊星虫主要由吻部和躯干部构成, 躯干部有乳突分布; 吻部由触手和项器构成, 伸长可达躯干部的两倍, 具有感光性。其消化系统由口、食道、肠、肛门四个部分构成, 不同部分的肌肉组织存在明显差异; 收吻肌一端与吻相连, 另一端分成 4 支, 分别连于背部两侧 (背收吻肌) 和腹部两侧 (腹收吻肌); 食道贴于收吻肌, 后连接肠。肠分为肠下回环与肠上回环, 肠上回环与肠下回环缠绕盘旋, 肠上回环后接直肠。直肠具有盲囊, 后连接肛门; 两条肾管分布在腹侧。

关键词: 弓形革囊星虫; 组织; 形态结构; 超微结构

中图分类号: Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2019) 06-867-08

The Morphological Structure and Ultrastructure of Sipunculan Worm (*Phascolosoma arcuatum*)

LI Feng-Lin ZHAO Li-Juan SHEN Hai-Yang YANG Guang
WU Zao-He QIN Zhen-Dong* LIN Li*

Guangdong Provincial Water Environment and Aquatic Products Security Engineering Technology Research Center,

Guangzhou Key Laboratory of Aquatic Animal Diseases and Waterfowl Breeding, College of Animal Sciences and

Technology, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China

Abstract: Sipunculan worm (*Phascolosoma arcuatum*) is an emerging cultural species in recent years. Even though its artificial culture has been expanded, little is known about its biological characteristics. In this paper, the morphological structure and ultrastructure of Sipunculan worm were elucidated by hematoxylin-eosin staining method and scanning electron microscopy, respectively. The results showed that Sipunculan worm was mainly divided into introvert part and trunk parts. The trunk was armed with mastoid, while the introvert

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 31872606), 广东省海洋与渔业局基金项目 (No. GDME-2018C006, D21822202), 广东省教育厅基金项目 (No. KA170500G, TK222001G, KA18058B3, KA1819604), 仲恺农业工程学院研究生创新创业项目 (No. KA190576008);

* 通讯作者, E-mail: qingzhendongsc@163.com, linli@zhku.edu.cn;

第一作者介绍 李凤麟, 女, 硕士研究生; 研究方向: 水产动物学; E-mail: 15602275659@163.com。

收稿日期: 2019-07-27, 修回日期: 2019-10-12 DOI: 10.13859/j.cjz.201906013

was flexible and could be elongated to the length about twice of that of the trunk. The introvert consisted of tentacles and nuchal organ (Fig. 1a). The digestive system of the Sipunculan worm was composed of four parts: mouth, esophagus, intestine and anus (Fig. 4), and the morphology of muscle tissues in the latter three parts was significantly different (Fig. 6). One terminal of the muscle was connected to the introvert (named introvert muscle), while the other terminal of the muscle was divided into 4 branches. Two of the branches were connected to the ventral part (named ventral retractor muscle), while the other two of the branches were connected to the dorsal part (named dorsal retractor muscle). The esophagus was attached to the introvert muscle and it was connected to the intestine. The intestine was divided into ascending loop and descending loop. The ascending loop and descending loop were winding and circling, the terminal of descending loop was linked to the rectum with a rectal blind sac, and eventually it was connected to the anus. There were two nephridium tubes existing in the ventral part (Fig. 1b).

Key words: *Phascolosoma arcuatum*; Tissue; Morphological structure; Ultrastructure

弓形革囊星虫 (*Phascolosoma arcuatum*) 属于星虫动物门 (Sipuncula) 革囊星虫纲 (Phascolosomatidea) 革囊星虫目 (Phascolosomatiformes) 革囊星虫科 (Phascolosomatidae) 革囊星虫属 (周红等 2007)。对于星虫动物形态结构及各器官的组织结构有一些研究, 如裸体方格星虫 (*Siphonosoma nudus*) 消化道的发育过程 (邓中日等 2009a, b), 光裸星虫 (*Sipunculus nudus*) 的消化道细胞组成及结构特点 (操向文等 2009, 吴鹏飞等 2010), 方格星虫 (童潼等 2011) 和太平洋革囊星虫 (*Phascolosoma pacificum*) (邓中日等, 2007a, b) 的消化道解剖学特征等。

星虫中有几种是食用种, 也有人将其作为钓饵。在广西沿海地区已形成一定的养殖规模, 但目前关于其生物学的研究还未有详细报道。本文拟采用解剖学和组织学方法对弓形革囊星虫的整体结构形态及各器官进行观察, 以丰富其基础资料。

1 材料与方法

1.1 材料

弓形革囊星虫来自广西壮族自治区东兴市天龙星虫养殖基地, 暂养于仲恺农业工程学院英东楼实验室内 15‰ 人工海水浸润的土壤中。

选取活力较好的个体 (虫龄为 10 个月) 进行实验。

1.2 方法

1.2.1 活体解剖观察 选取活力较好能迅速钻沙的星虫个体进行活体解剖, 观察星虫各组织器官的形态结构并拍照。

1.2.2 组织学观察 分别取健康虫体吻、肾管、食道、肠上回环、肠下回环、肌肉、皮肤, 4% 多聚甲醛固定, 梯度酒精脱水, 二甲苯透明, 石蜡包埋, 常规切片, H.E 染色后用 E100 尼康显微镜数码相机系统观察弓形革囊星虫不同组织解剖学特征并拍照。

1.2.3 扫描电镜观察 采集皮肤和吻部后, 通过电镜固定液固定, 送谷歌生物公司利用扫描电镜观察弓形革囊星虫皮肤及吻部结构。

2 结果

2.1 形态学观察

弓形革囊星虫分为吻部和躯干两部分, 均为棕褐色, 体表具乳突 (图 1a)。吻部具有触手, 具摄食和感应功能, 其在外界刺激时会将会吻部收回躯干部。弓形革囊星虫的消化系统包括口、食道、肠和肛门, 无消化腺, 其中食道呈盘绕状附着于收吻肌上, 食道前端连接项器, 后端与肠直接相连, 没有明显界线; 肠分为肠上回环、肠下回环和直肠, 肠上回环与肠下回

环螺旋式盘旋在体腔内，肠下回环上端与食道相连，下端与肠上回环连接，肠上回环下端则与直肠相连，直肠约 0.5 mm 连接肛门；其具有两个肾管呈带状，连接皮肤处有肾盲囊，对称分布在其腹面的上端；弓形革囊星虫通过发达的肌肉控制着整个机体的运动，分为背收吻肌、腹收吻肌和纵肌束（图 1b）。

2.2 组织学观察

2.2.1 体壁 星虫体壁呈棕褐色（图 1a），体表具乳突，体壁的最外层是非细胞结构的角质层，向外凸起形成乳突（图 2a, b）。角质层内侧有一层结缔组织，H.E 染色后可观察到乳突部位有一个空腔，内侧则依次为肌肉层和神经束（图 2c~e）。体壁从外到内依次为角质层、上皮、肌肉层和神经束 4 个部分（图 2d）。

2.2.2 吻 吻部完全伸长可超过体长，吻部前端由触手和项器构成（图 3a, b），口四周围绕生长着辐射状的触手，可通过触手伸缩来摄取食物（图 3c, d）。对吻部前端结构进行组织切片，可以观察到触手边缘有许多杯状细胞，且具有纤毛（图 3e~h）。

2.2.3 消化道 食道附着于收吻肌上，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 4a, b）。食道由外到内依次为食道外膜、肌肉层及肠绒毛（图 4c），肠绒毛结构由杯状细胞、上皮细胞、嗜酸性粒细胞及纤毛组成。食管腔较大，肠绒毛较短（图 4c）。

肠分为肠上回环和肠下回环，肠下回环连接食道与肠上回环，肠下回环与肠上回环缠绕盘旋于体腔内，肠上回环肠腔较大，分布有大量的嗜酸性粒细胞，肠从外到内依次由肠外膜、结缔组织、肌纤维及肠绒毛组成（图 4d~f）。肠绒毛由大量杯状细胞及柱状上皮细胞和纤毛组成，并有大量的嗜酸性粒细胞分布（图 4g~i）。

直肠横切面呈较规则的圆形，肠腔最大，肠外膜紧贴肌肉层，肠绒毛短而粗且具有大量的杯状细胞，分布有嗜酸性粒细胞（图 4j~l）。

2.2.4 肾管 肾管由柱状上皮细胞和肌肉细胞组成（图 5a, b）。肌肉层分布于肾管的整个管壁，肌肉层外侧是立方上皮细胞，内侧为柱状上皮细胞，在上皮细胞中充满了大量的褐色小颗粒（图 5c, d）。

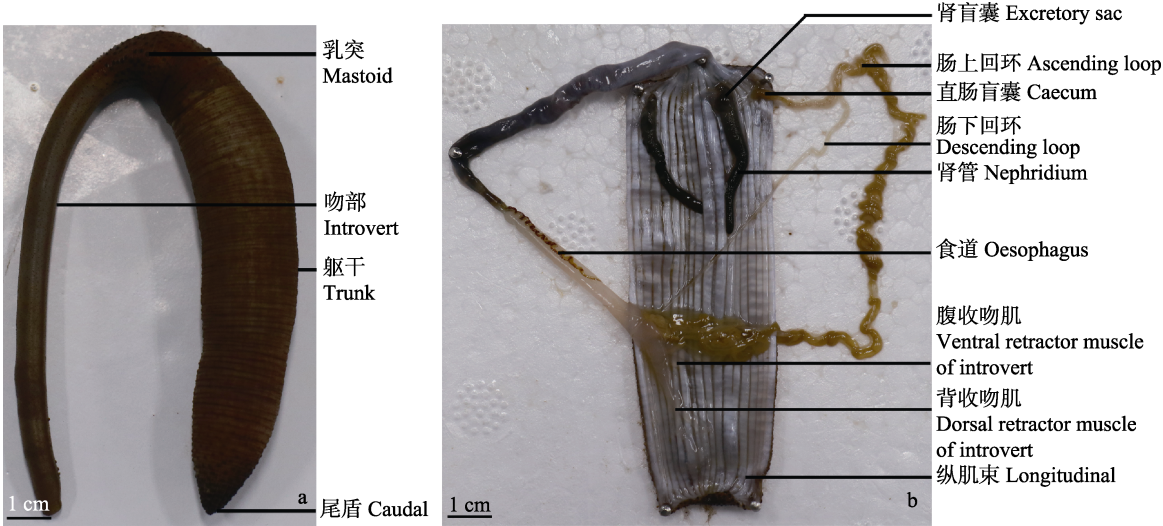


图 1 弓形革囊星虫外观结构及整体解剖结构

Fig. 1 The overview structure of *Phascolosoma arcuatum*

a. 外观；b. 解剖图。a. Appearance structure; b. Dissection.

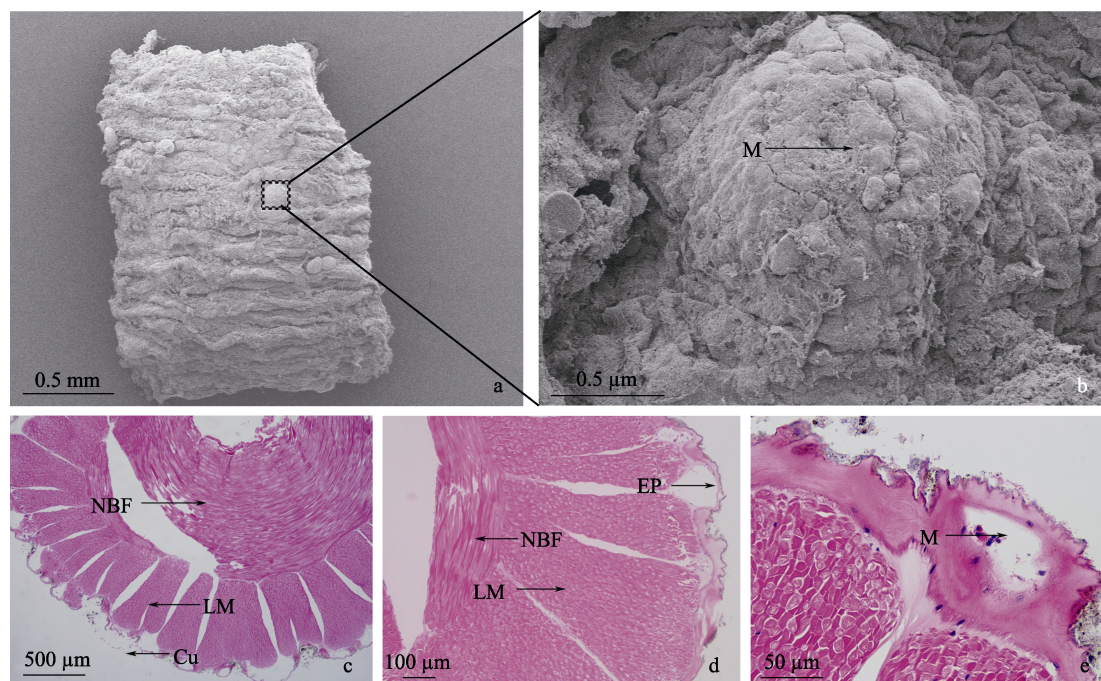


图2 弓形革囊星虫体壁结构

Fig. 2 Structure of body wall of *Phascolosoma arcuatum*

a. 体壁扫描电镜图; b. 乳突扫描电镜图; c、d. 体壁纵切; e. 乳突纵切。

a. Scanning electron microscope image of body wall; b. Scanning electron microscope image of mastoid process; c, d. Longitudinal image of body wall; e. Longitudinal image of body wall.

Cu. 角质层; EP. 上皮; LM. 肌肉层; M. 乳突; NBF. 神经纤维

Cu. Cuticle; EP. Epithelium; LM. Lamina muscular; M. Mastoid; NBF. Nerve fiber bundle

2.2.5 肌肉 不同器官中的肌肉组织存在明显差异,其中,食管附近肌肉较为疏松(图 6a),吻部次之(图 6b),皮肤的肌肉组织最为致密(图 6c)。

3 讨论

目前关于星虫的基础生物学研究还处于形态学和组织结构学的初级阶段。有研究表明,可口革囊星虫的体壁由内到外分为角质层、上皮、环肌层、纵肌层和壁体腔膜(邓中日等 2007c)。本文通过解剖观察和组织切片观察,弓形革囊星虫体壁从外到内依次为角质层、上皮、肌肉层和神经束 4 个部分,与可口革囊星虫基本一致(邓中日等 2007c)。

弓形革囊星虫主要包括躯干部和吻部,体

表有大量的乳突分布,吻部完全伸长可超过躯干。扫描电镜结果显示,吻部前端由触手和项器构成,触手可通过伸缩来摄取食物。通过组织切片发现,在吻部前端结构中有大量的杯状细胞,表明弓形革囊星虫的吻部具有初步的消化功能。邓中日等(2007c)对可口革囊星虫吻部结构的研究结果与此相近。

由于星虫的生活特性,其具有发达的消化系统,目前关于星虫消化系统的研究越来越受到人们关注。对光裸星虫(操向文等 2009,吴鹏飞等 2010)、可口革囊星虫(雷世勇等 2013)消化道的研究表明,其消化道均大致分为口、咽、食道、肠、肛门五个部分。

而在肠的命名上,研究者普遍认同在形态形态学上分为下行肠和上行肠。本研究观察发

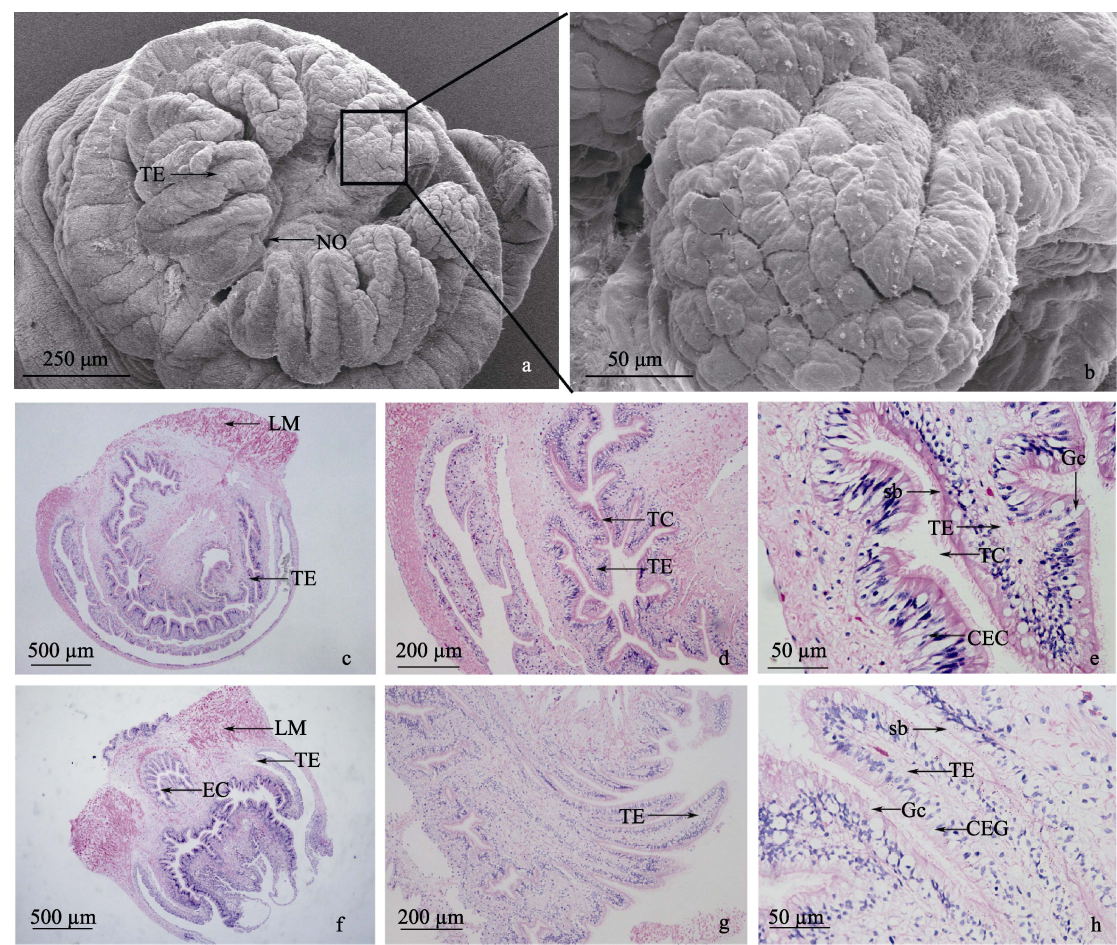


图3 弓形革囊星虫吻部前端结构

Fig. 3 The front terminal structure of introvert of *Phascolosoma arcuatum*

a. 吻部前端扫描电镜图；b. 触手局部放大扫描电镜图；c~e. 吻部横切；f~h. 吻部纵切。
a. Scanning electron microscopy for front end of introvert; b. Local amplification of scanning electron microscope image of tentacles; c - e. Introvert crosscutting image; f - h. Introvert longitudinal image.
CEC. 柱状上皮细胞；EC. 食道腔；Gc. 杯状细胞；LM. 肌肉层；NO. 项器；sb. 纹状缘；TC. 触手腔；TE. 触手
CEC. Columnar epithelium cells; EC. Esophagus cavity; Gc. Goble cell; LM. Lamina muscular; NO. Nuchal organ; sb. Striated border; TC. Tentacles cavity; TE. Tentacles

现，弓形革囊星虫的消化道可分为口、食道、肠（肠上回环、肠下回环、直肠）、肛门 4 部分，与光裸星虫的研究结果一致（操向文等 2009，吴鹏飞等 2010）。
本研究观察弓形革囊星虫的肾管柱状上皮细胞和肌细胞组成，肌肉层分布于肾管的整个管壁。龙玲利等（2014）发现可口革囊星虫肾

管壁由内向外依次为上皮层、肌层、细胞外基质及外膜，本研究结果与其相近。同时本研究发现，弓形革囊星虫上皮细胞中存在许多褐色颗粒物质，在对可口革囊星虫（龙玲利等 2014）的研究中提及肾管中有许多糖原颗粒，本实验中所观察到的大量褐色颗粒是否为糖原颗粒还需要进一步研究。

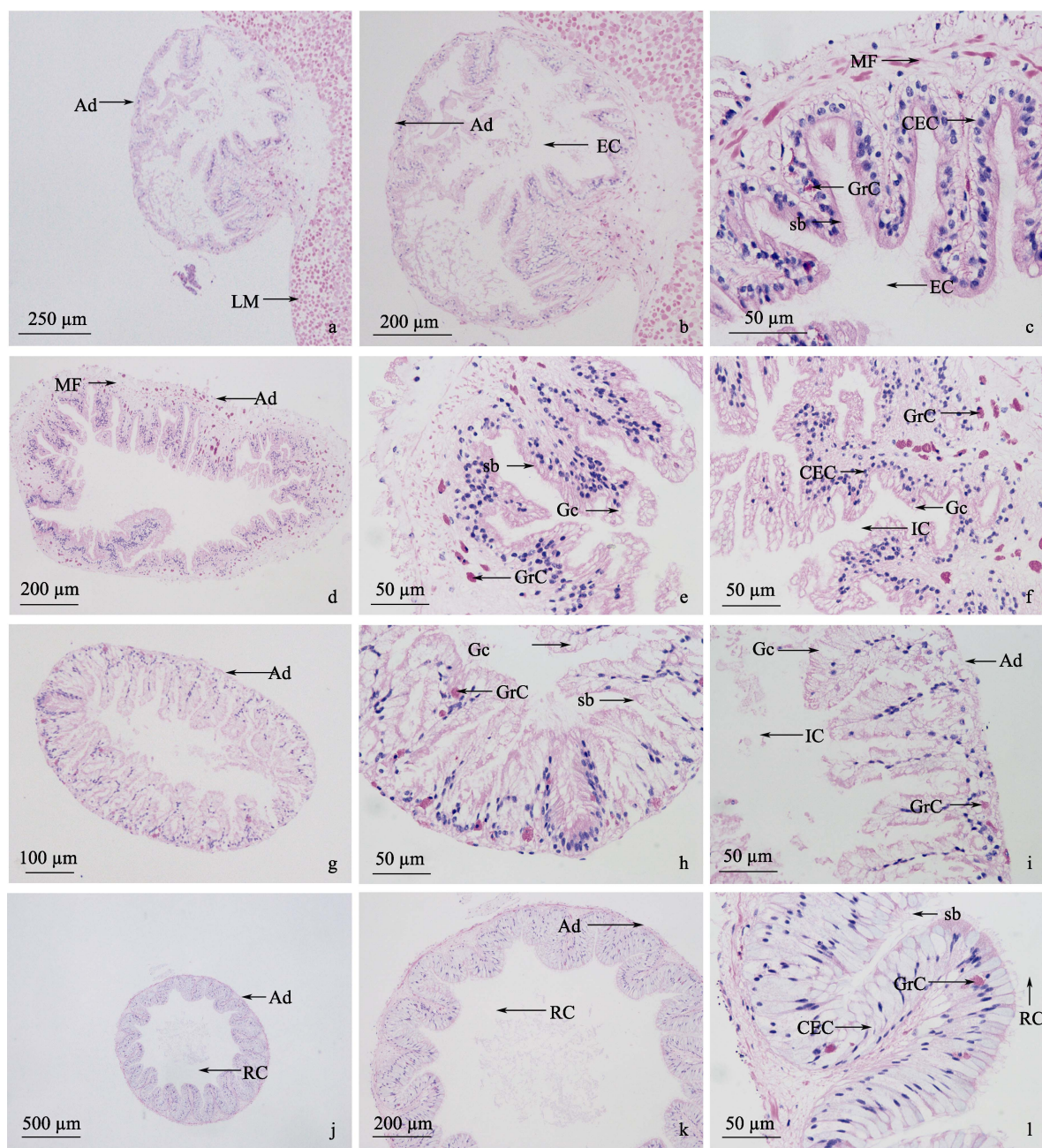


图4 弓形革囊星虫消化道结构

Fig. 4 Structure of the digestive tract in *Phascolosoma arcuatum*

a~c. 食道横切; d~f. 肠上回环横切; g~i. 肠下回环横切; j~l. 直肠横切。

a - c. Esophagus crosscutting; d - f. Ascending loop crosscutting; g - i. Descending loop crosscutting; j - l. Rectum crosscutting.

Ad. 外膜; CEC. 柱状上皮细胞; EC. 食道腔; Gc. 杯状细胞; GrC. 颗粒细胞; IC. 肠腔; LM. 肌肉层; MF. 肌纤维; RC. 直肠肠腔; sb. 纹状缘

Ad. Adventitia; CEC. Columnar epithelium cells; EC. Esophagus cavity; Gc. Goble cell; GrC. Granular cell; IC. Intestine cavity; LM. Lamina muscular; MF. Muscle fiber; RC. Rectum cavity; sb. Striated border

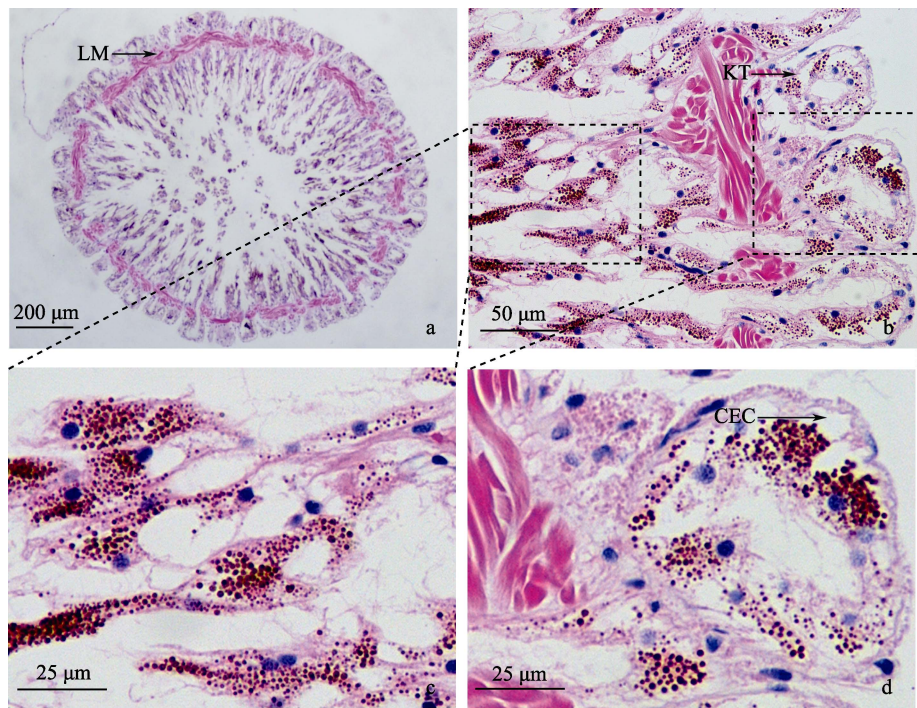


图 5 弓形革囊星虫肾管结构

Fig. 5 Nephridium tube structure of *Phascolosoma arcuatum*

a. 肾管横切; b. 肾管横切局部; c、d. 肾小管局部放大。
a. Nephridium crosscutting; b. The part of nephridium crosscutting; c, d. Kidney tubules crosscutting.
CEC. 柱状上皮细胞; KT. 肾小管; LM. 肌肉层
CEC. Columnar epithelium cells; KT. Kidney tubules; LM. Lamina muscular

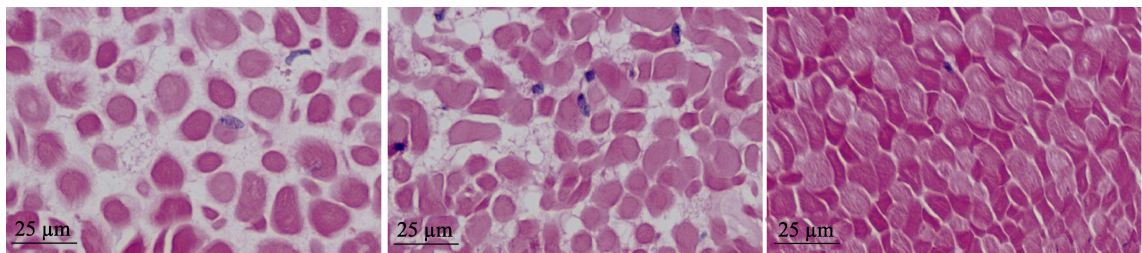


图 6 弓形革囊星虫肌肉结构（横切）

Fig. 6 Muscle structure of *Phascolosoma arcuatum* (cross section)

1. 食管附近肌肉; 2. 吻附近肌肉; 3. 体壁内侧附近肌肉。
1. Muscle around of esophagus; 2. Muscle around of introvert; 3. Muscle in body wall.

参 考 文 献

邓中曰, 黄勃. 2007a. 太平洋革囊星虫消化道粘液细胞的类型和分布. 湖南文理学院学报: 自然科学版, 19(1): 62-65.

邓中曰, 黄勃. 2009a. 裸体方格星虫消化道组织结构. 湖南城市学院学报: 自然科学版, 18(2): 64-66.

操向文, 王庆恒, 黄若男, 等. 2009. 光裸星虫消化系统的解剖学和组织学研究. 广东海洋大学学报, 29(3): 6-10.

- 邓中日, 黄勃, 方再光. 2007c. 可口革囊星虫体壁形态和组织学结构. 水产科学, 26(6): 335-339.
- 邓中日, 黄勃, 方再光, 等. 2007b. 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.
- 邓中日, 黄勃, 库文珍. 2009b. 裸体方格星虫盲肠的形态和组织结构. 湖南城市学院学报: 自然科学版, 18(2): 64-66.
- 雷世勇, 卢明明, 丁理法, 等. 2013. 可口革囊星虫消化道的形态结构特征. 生物学杂志, 30(2): 33-39.
- 龙玲利, 卢明明, 竺俊全. 2014. 可口革囊星虫肾管纤毛的分布及结构特征. 动物学杂志, 49(2): 253-260.
- 童潼, 邹杰, 蔡德建, 等. 2011. 方格星虫消化道发育与摄食研究. 广西科学院学报, 27(3): 218-220.
- 吴鹏飞, 王嫣, 顾志峰, 等. 2010. 光裸方格星虫消化道的形态和组织学观察. 渔业科学进展, 31(1): 74-79.
- 周红, 李凤鲁, 王玮. 2007. 中国动物志: 无脊椎动物 (第四十六卷). 北京: 科学出版社, 30-31.