

实验感染卵圆鲳 的刺激隐核虫 GD1 虫株皮层的超微结构*

马跃 李安兴** 谢明权 黄玮

中山大学生命科学学院, 广州 510275

摘要 作者自网箱养殖的卵圆鲳 (*Trachinotus blochii*) 分离了一株刺激隐核虫 (*Cryptocaryon irritans*), 再经人工感染的方法收集各期虫体, 制成电镜样品, 对虫体进行超微结构研究。研究表明: 刺激隐核虫的毛基体具有典型的 9 套三联微管系统。幼虫体部单毛基单元有如下特征: 单毛基单元结构, 具有稍分支的纤毛后微管束 (Postciliary microtubular ribbon), 由 3 根微管组成, 起源于第 3 三联微管, 向后延伸至细胞表面。滋养体体部单毛基单元特征是具有分支的纤毛后微管束, 由 3-6 根微管组成, 起源于第 9 三联微管。毛基体的第 4-7 组三联微管处发出一条长而无分支重叠的动纤丝 (KD), KD 向右前方延伸 to 质膜脊的顶端。在横微管 (T) 左侧的第 3 三联微管处有一个横行支持物即横带, 由 3 根微管组成, 与来源于第 3-4 三联微管的横纤维 (Tf) 相连。刺激隐核虫的体部毛基单元具有一个独特特征: 即具有体部线带 (N), 是一束平行排列的微管, 它们起源于邻接横微管和横纤维的致密板, 滋养体的体部线带相互重叠交错排列, 以此支撑细胞的横轴。滋养体期还有厚的表质层 (Epiplasmic layer)。体部双毛基单元即为邻近口区的双毛基单元, 每一排动基列的前几个毛基单元都是双毛基单元, 极似口部毛基单元, 口部双毛基单元的后面有 3-4 个体部双毛基单元。幼虫和滋养体的体部双毛基单元均具有 2 个毛基体, 其结构模式相似。体部毛基单元的 2 个毛基体各长出 1 根纤毛, 毛基体与一个旁体囊 (PS) 相连, 其前面有动纤丝。文中分析了刺激隐核虫在形态上与淡水小瓜虫以及相关种类的毛基单元和皮层结构差异, 认为刺激隐核虫的分类更适合归于前口类 (Prostomatea), 而不是膜口类 (Hymenostomatida) [动物学报 52(2): 396-405, 2006]。

关键词 刺激隐核虫 超微结构 卵圆鲳 皮层

Cortical ultrastructures of *Cryptocaryon irritans* GD1 strain infecting *Trachinotus blochi* experimentally*

MA Yue, LI An-Xing**, XIE Ming-Quan, HUANG Wei

School of Life Science, Zhongshan (Sun Yat-sen) University, Guangzhou 510275, China

Abstract The morphology of an isolate of parasitic ciliate *Cryptocaryon irritans* obtained from cage-cultured snubnose pompano *Trachinotus blochii* from Huidong, Guangdong province in China, was examined by transmission electron microscopy (TEM). The strain was maintained in experimentally infected snubnose pompano from which the sample used for ultrastructural observations was collected. The somatic kinetosomes of *Cryptocaryon* showed the classic morphology of nine triplets of microtubules. The theronts' somatic monokinetid structure is characterized as follows: A ciliated monokinetid with a slightly divergent postciliary microtubular ribbon consisting of three microtubules, originates at triplet number 9 and extends posteriorly towards the cell surface. The trophont's somatic monokinetid is characterized as follow: A ciliated monokinetid with a slightly divergent postciliary microtubular ribbon consisting of 3 to 6 microtubules, originates at triplet number 9. An anteriorly extending, long but non-overlapping kinetodesmal fibril adheres to the anterior

2005-07-14 收稿, 2005-10-26 接受

* 国家自然科学基金 (No.30440052)、广东省自然科学基金团队项目 (No.20023002) 资助 [This research was funded by the grants from the National Natural Science Foundation of China (No.30440052) and the National Science Foundation of Guangdong Province (No.20023002)]

** 通讯作者 (Corresponding author). E-mail: LS58@zsu.edu.cn

© 2006 动物学报 Acta Zoologica Sinica

face of the kinetosome at triplets 4–7. It extends into the apexes of the pellicular crest. A transverse support is present adjacent to triplet 3 at the left side of the transverse ribbon, consisting of three microtubules and associated with the transverse fibril which originates between triplets 3–4. A novel feature of the somatic monokinetids of *Cryptocaryon* trophonts is the presence of somatic nematodesmata which are bundles of parallel microtubules. They originate from a dense plate close to the transverse microtubules and transverse fibril. In the trophonts, the somatic nematodesmata overlap with each other to support the transverse axis of the cell. A thickened epiplasmic layer is found in the trophont stage. The somatic dikinetids are dikinetids close to the oral area. Several of the anteriormost somatic dikinetids in each kinety appear as oral dikinetids. There are at least 3–4 rows of somatic dikinetids posterior to the oral dikinetids. The kinetid pattern of the somatic dikinetids is very similar in both the theront and trophont of *Cryptocaryon*. Both kinetosomes of the somatic dikinetids are ciliated and are associated with a single parosomal sac which is anterior to the kinetodesmal fiber. The present study suggests that the taxonomic affinities of *C. irritans* should lie with prostome ciliates by analysis of its different morphological characteristics of kinetids and cortex from *I. multifiliis* and related species [Acta Zoologica Sinica 52 (2): 396–405, 2006].

Key words Ciliate, *Cryptocaryon irritans*, Ultrastructure, *Trachinotus blochii*, Cortex

刺激隐核虫 (*Cryptocaryon irritans*) 可以引起海水鱼的致死性疾病即“白点病”。近年来, 我国海水养殖密度增大, 养殖环境恶化, 刺激隐核虫病的危害日益突出。刺激隐核虫几乎可以感染我国南方所有海水养殖鱼类 (徐润林等, 1992; 黄玮、李安兴, 2004), 能引起石斑鱼 50% 以上的死亡率, 黄鳍鲷 75% 的死亡率。相对而言, 对海水刺激隐核虫的研究比之淡水对应种——多子小瓜虫 (*Ichthyophthirius multifiliis*) 要欠缺许多, 淡水小瓜虫的形态学和免疫学方面有大量的研究报告 (Dickerson and Clark, 1997)。过去对刺激隐核虫的研究主要集中在自然感染或发病时的病原生物学和流行病学研究 (Yambot et al., 2003), 而对刺激隐核虫的实验性感染, 建立实验动物模型方面则资料很少, 迄今仅 Yoshinaga and Dickerson (1994) 和 Burgess and Matthews (1994) 分别在黑 鱼和鲷鱼上建立了短暂的感染和传代, 但未对其它方面的内容做深入研究。在刺激隐核虫超微结构研究方面, Cheung et al. (1981) 用扫描电镜观察了滋养体和包囊的结构, 但没有研究幼虫。Colorni and Diamant (1993) 以及 Matthews and Burgess (1993) 对刺激隐核虫不同发育期虫体超微结构做过一些描述。徐润林等 (1992, 1995) 分别对刺激隐核虫幼虫和包囊壁结构做过超微结构研究。Diggles (1997) 侧重对滋养体的扫描电镜方面有过报道。以上研究多是收集的自然感染鱼体上的虫体, 侧重进行某一阶段虫体的结构研究。

本研究试图对刺激隐核虫皮层的超微结构进行详细描述, 并将之与其它相关种属纤毛虫进行比较, 旨在对刺激隐核虫的分类提供进一步的依据。

1 材料与方法

1.1 虫体来源

一株刺激隐核虫来源于广东省惠东县盐洲岛海湾某海水养殖场饲养的自然发病的卵圆鲳 (*Trachinotus blochii*)。将感染虫体的病鱼用 M-222 麻醉致死, 剪下鳃片, 整齐放到含清洁海水的平皿中, 待滋养体自行脱落, 再用 20 μ l 移液器吸取虫体至另一干净平皿中, 用过滤海水反复洗涤三次。将洗干净的滋养体放到六孔细胞培养板中进行培养 (25 $^{\circ}$ C)。

1.2 虫体的感染及各期虫体的收集

待刺激隐核虫幼虫从包囊中孵出后, 收集幼虫。用 20 000 个幼虫/鱼感染 200 g (BW) 的卵圆鲳 2 h。之后每天检查鱼体和鳃, 待白点充分显现后, 将鱼放到特制的收虫漏斗中暂养过夜。最后取下收虫漏斗下的收虫杯, 从中收获滋养体和包囊。在包囊孵出幼虫之后, 用 0.2% 的福尔马林将幼虫杀死, 离心 (约 4 000 r/min) 5 min 收集幼虫, 再按样品处理方法进行处理。

1.3 电镜样品的制备

用 3% 戊二醛 (0.1 mol/L 甲次磷酸缓冲液 + 5% 蔗糖) 固定虫体 1 h (4 $^{\circ}$ C), 用甲次磷酸缓冲液洗涤 2 次, 每次 15 min。继之用 2% 锇酸 (0.1 mol/L 甲次磷酸缓冲液 + 5% 蔗糖) 后固定 (幼虫和滋养体 1 h, 包囊 1.5 h), 甲次磷酸缓冲液洗涤 2 次, 每次 15 min。将样品用乙醇逐级脱水, 然后用 Epon812 树脂包埋 (幼虫包埋之前, 需进行离心浓缩), 超薄切片, 再用乙酸双氧铀和柠檬酸铅染色, 在 JEM-1200 \times 透射电镜下观察并记录结果。

2 结 果

2.1 体部单毛基单元 (Somatic kinetids)

刺激隐核虫的毛基体具有典型的 9 套三联微管系统 (图版 I: 1、2、3、5–10, 图版 II: 14), Lynn (1981) 将与纤毛后微管束相连的三联微管

定义为第9三联微管，以此类推将三联微管的序号排成1-9（图1）。纤毛的远端部分是9个双联微管和2个中心微管组成的“9+2”结构模式（图版I：2、5，II：16）。但在纤毛的近端，毛基体（Kinetosome）的远端横切面上则见不到中心微管。每个动基列（Kinety）均由纵向排列的毛基单元（Kinetid）组成。体部毛基单元主要是单毛基单元（Monokinetics），但在前端一些区域存在少数双毛基单元（Dikinetics）。所以，可以将刺激隐核虫的毛基单元分为2种类型：后部大片皮层区的单毛基单元和接近口区的小片区域的双毛基单元。

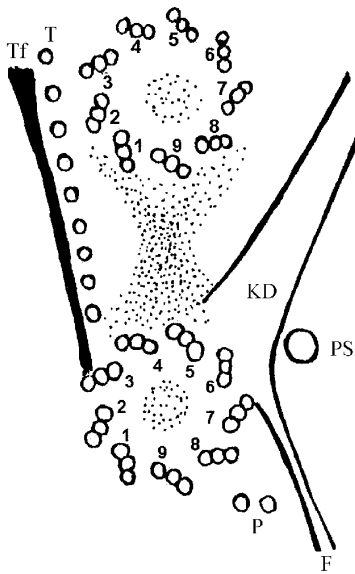


图1 刺激隐核虫体毛基单元结构示意图

Fig.1 Diagram of the somatic dikinetid of *Cryptocaryon irritans*

2.2 体部双毛基单元（Somatic dikinetids）

体部双毛基单元即为邻近口区的双毛基单元，每一排动基列的前几个毛基单元都是双毛基单元，极似口部毛基单元，口部双毛基单元的后面有3-4个体部双毛基单元（图版II：16）。幼虫和滋养体的体部双毛基单元均具有2个毛基体，其结构模式相似（图1）。体部毛基单元的2个毛基体各长出1根纤毛，毛基体与一个旁体囊（PS）相连，其前面有动纤丝（图版II：16）。体后部毛基体与一些微管和微丝元件相连，这些微管和元件与体部单毛基单元的相应元件几乎完全一样，体部前毛基体则无微管束和动纤丝相连（图1，图版I：13；图版II：16）。向前伸延的动纤丝发源于第5-7组三联微管系统（图版I：13；图版II：16、17）。

从动纤丝分出来的一束纤维（F）向后伸延，直至胞质深部（图版II：16）。横带由9根微管组成，起源于第3-4组三联微管（图1，图版I：13；图版II：16、17），与横带相邻有一束横纤维，起源于第3组三联微管（图版I：13；图版II：16、17），由2根微管组成的分支状的纤毛后微管束则发源于第9组三联微管（图版I：13），相邻的前、后毛基体依靠电子致密物质相互交联（图版II：17）。

2.3 幼虫（Theronts）

幼虫体部单毛基单元有如下特征：单毛基单元结构，具有稍分支的纤毛后微管束（Postciliary microtubular ribbon, P），由3根纤毛后微管（Postciliary microtubules, PCM's）组成，起源于第9三联微管，向后延伸至细胞表面（图2，图版I：1）。依靠位于第8三联微管和纤毛后微管之间的致密物质，纤毛后微管被锚定到毛基体上。PCM's向后延伸至动基列之间的表膜嵴（图版I：4）。PCM's在毛基体近端呈弯曲状，而远端则呈直线伸展（图2，图版I：1）。辐射状横带由3根微管组成，这三根微管起源于第3、4三联微管之间（图2，图版I：2）。邻近口区的体毛基单元与其它部位的体毛基单元有差异，口区毛基单元的横行微管（Transverse microtubule, TMT's）的数目较多，在最前端的体部单毛基体（体双毛基单元前面）的TMT's为4-5根（图版I：3）。从毛基体（Kinetosome）的前部发出一束动纤丝（Kinetodesmal fiber, KD），其体部较宽，前端伸延到另一个毛基体（图2，图版I：1-5）。在多数图片上，动纤丝均呈马镫形，在接近毛基体时，形成分叉，一支融入第4、5、6、7三联微管，其连接处呈现电子致密物质（图版I：1）。KD具有锥形末梢，条带状身体。毛基体内腔含电子致密物质（图版I：1、2）。横微管稍呈辐射状，与毛基单元轴呈平行排列，其下面也具有电子致密物质（图版I：2）。横微管突出于纵管和动纤丝之间的平面（图2，图版I：5）。在动基列（Kinety）的右侧，一束纵向胞质上微管（Longitudinal supraepiplasmic microtubules）位于表膜小泡之下（图版I：4、5）。这些纵行微管与毛基体之间没有直接联系。在邻近第5-7三联微管体和动纤丝前端有一个由质膜内陷而形成的旁体囊（Parosomal sac）（图版I：7；图版II：14）。

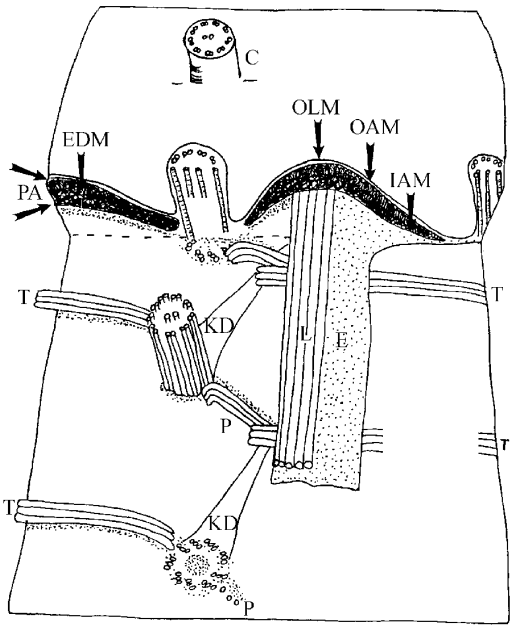


图2 刺激隐核虫体部(后部)皮层的微管和纤维结构的三维模式图

C: 纤毛。EDM: 电子致密物质。PA: 表膜泡。KD: 动纤丝。T: 横带。P: 纤毛后微管束。L: 纵向微管。OAM: 表膜泡外膜。IAM: 表膜泡内膜。E: 表质。OLM: 外限制膜。

Fig.2 Three dimensional schematic drawing of the microtubular and fibrillar structures found in the somatic cortex (the posterior part) of *Cryptocaryon theront*

C: Cilium. EDM: electron dense material. PA: pellicular alveoli. KD: kinetodesmal fiber. T: transverse ribbon. P: postciliary microtubular ribbon. L: longitudinal microtubule. OAM: outer alveolar membrane. IAM: inner alveolar membrane. E: epiplasm. OLM: outer limiting membrane.

2.4 滋养体 (Trophonts)

滋养体体部单毛基单元有如下特征: 具有分支的纤毛后微管束 (Postciliary microtubular ribbon), 由 3-6 根微管组成, 起源于第 9 三联微管 (图版 I: 6、7)。毛基体的第 4-7 组三联微管处发出一条长而无分支重叠的动纤丝 (Kinetodesmal fibril, KD) (图版 I: 6-9), KD 向前伸延到质膜脊的顶端。在横微管 (T) 左侧的第 3 三联微管处有一个横行支持物, 由 3 根微管组成, 与来源于第 3-4 三联微管的横纤维 (Tf) 相连 (图版 I: 6-8)。旁体囊是皮层中常见的组件, 它们位于每一毛基体的右侧, 毛基体则位于 KD 和与之相邻的纤毛后微管 (Postciliary microtubules) 之间 (图版 I: 7, 图版 II: 14)。在每个毛基体内部含有致密物质 (图版 I: 6-9), 纤毛后微管束锚定在毛基体基部的电子致密物质中, 向后伸延至细胞表面, 沿途均

带有电子致密物质 (图版 I: 6、8)。刺激隐核虫的体部毛基单元具有一个独特特征: 即具有体部线带 (N), 是一束平行排列的微管, 它们起源于邻接横微管和横纤维的致密板 (图版 I: 8、9、11、12, 图版 II: 15), 滋养体的体部线带相互重叠交错排列, 以此支撑细胞的横轴。滋养体期还有厚的表质层 (比较图版 I: 4 和图版 II: 15)。由 7 根皮层微管组成纵行微管 (L), 在电子致密物质之下的表质层上延伸 (图版 I: 10)。

幼虫和滋养体的体部单毛基单元的结构有差异, 具体表现在滋养体具有较长的动纤丝, 并具有线带和横行纤维以及纤毛后微管近邻的更加明显的电子致密物质, 此外, 滋养体的皮层较厚。

3 讨论

纤毛虫皮层中最基本的结构是毛基单元, 由毛基体、纤毛、横向微管束、纤毛后微管束、动纤丝和旁体囊所组成 (Lynn, 1981)。体部毛基单元 (如微管的数目、旁体囊、毛基体以及这些结构与毛基单元轴的角度) 和孔口的超微结构都是纤毛虫分类的重要依据。Lynn (1981) 根据体部和口部毛基单元的特征将纤毛虫分为 8 大类。Lynn (1991) 综述了有关纤毛虫毛基单元的超微结构, 认为纤毛虫体被结构是纤毛虫分类和进化系统重建的重要依据。根据 Lynn (1991) 的分类体系, 小瓜虫及其相关种类均属于寡膜纲 (Class Oligohymenophorea) 的膜口目 (Order Hymenostomatida)。而 Corliss (1979) 则将隐核虫和小瓜虫均归属于膜口目/睫杆亚目 (Ophryoglenina) /小瓜虫科 (Ichthyophthiridae)。因为缺乏刺激隐核虫超微结构的资料, 所以 Lynn (1991) 的分类体系中尚不能将刺激隐核虫准确分类。Diggles and Adlard (1995) 通过比较这两种虫的 18S rDNA 的部分序列, 认为刺激隐核虫与小瓜虫的亲缘关系并不像原先认为的那么近, 应归为肾形目 (Colpodida), 而不是与小瓜虫同属寡膜纲。Wright and Colorni (2002) 根据 18S rDNA 全长序列构建的系统树, 又将其分入前口纲 (Class Prostomatea) /前管目 (Order Prorodontida), 并建议将其归入一个新的隐核虫科 (Family Cryptocaryonidae)。

根据 Lynn (1981) 报道, 膜口类纤毛虫有如下特征: 分支而发达的纤毛后微管束通常延伸到同一动体列的下一个毛基单元, 但纤毛后微管束相互不重叠; 起源于第 5-7 三联微管的动纤丝可向前

端伸延, 其尖端抵达下一个毛基单元, 并与其动纤丝相连; 发达或不发达的一个辐射状走向的横带则起源于第 3-4 三联微管, 然后伸向邻近的动基列; 来源于第 3 三联微管的一组横行细纤维侧向与横带相连, 起支持作用。但直到 1983 年, 才有第一份小瓜虫电镜结构图 (Chapman and Kerm, 1983)。这些结构与 Maselli* (1994) 提供的毛基单元结构

相比较, 除纤毛后微管束的微管数目不同外, 其余均很相似。小瓜虫的毛基单元有如下特征: 向前伸延的动纤丝与其相邻的, 起源于第 5-7 三联微管的动纤丝相重叠; 横带由三根微管组成, 这三根微管起源于第 4 三联微管; 纤毛后微管束由 3-5 根微管组成, 旁体囊位于毛基体的左前方 (Lynn and Corliss, 1991)。

表 1 寡膜纲和原口纲纤毛虫体部单毛基单元的结构比较

Table 1 Comparison of somatic monokinetid structures of the class *Oligohymenophorea* and the class *Prostomatea*

细胞器 Organell	寡膜纲 Class: Oligohymenophorea (Corliss, 1979)	前口纲 Class: Prostomatea (Corliss, 1979)	刺激隐核虫 <i>Cryptocaryon irritans</i> (黄玮等, 2005; 本文资料) (Huang et al., 2005; this study)
体毛基单元 Somatic kinetid	单毛基单元, 无双毛基单元 Monokinetid, no dikinetids	单毛基单元, 多数体前部毛基单元为 双毛基单元 Monokinetid, the most anterior somat- ic cilia are dikinetids	单毛基单元, 多数体前部毛 基单元为双毛基单元 Monokinetid, the most anterior somatic cilia are dikinetids
动纤丝 Kinetodesmal fiber	与紧邻的毛基单元纤维相重叠 Overlaps with fibers of adjacent kinetid	不重叠, 除 <i>Bursellopsis</i> 以外 Does not overlap except <i>Bursellopsis</i>	不重叠 Does not overlap
纤毛后微管束 PCMT Ribbon	分支, 三根微管 Divergent, 3 microtubules	分支, 2-6 根微管 Divergent, 2-6 microtubules	分支, 3-6 根微管 Divergent, 3-6 microtubules
旁体囊 Parosomal sac	在 KD 和 TMT's 之间, 接近第 4 三联微管 Between KD and TMT's close to triplet #4	在 KD 和 PCMT'S 之间 (<i>Bursellopsis</i> 属的 PS 邻接第 4 三联微管) Between KD and TMT's in <i>Bursellop- sis</i> PS closer to triplet #4	在 KD 和 PCMT'S 之间 Between KD and TMT's
基底微管 Basal MT'S	有 Present	无 (前管亚目具有毛基体前微管) Absent, prekinetosomal MT's in <i>Pro- rodon</i>	无 Absent
TMT 带 TMT Ribbon	辐射状 Radial	辐射状 Radial	辐射状 Radial
横向纤维 Transverse fibril	有 Present	有 Present	有 Present
联接于 PCMT's 和第 7-8 三联 微管之间的一束纤维丝 A fibril- lar link between TCMT's and triplets 7-8	无 Absent	有 Present	有, 邻接 PCMT'S 的致密物 质 Present, dense material close to TCMT's
纵向微管 Longitudinal MT	有 Present	有 Present	有 Present
体线带 Somatic nematodesmata	无 Absent	有 Present	有 Present

* Maselli AG, 1994. The ultrastructure of the oral apparatus of the trophont and theront of *Ichthyophthius multifiliis*. Master thesis of The University of Georgia.

表 2 多子小瓜虫与刺激隐核虫的皮层结构比较

Table 2 Comparison of some cortex structures of *Ichthyophthirius* and *Cryptocaryon*

细胞器 Organell	小瓜虫 <i>Ichthyophthirius</i> (Chapman and Kern, 1983; Corliss, 1979)	隐核虫 (<i>Cryptocaryon</i>) (黄玮等, 2005; 本文资料) (Huang et al., 2005; this study)
体被皮层 毛基单元 Somatic cortex, kinetid	单毛基单元 Monokinetid	单毛基单元, 多数体前部纤毛是双毛基单元 Monokinetid, the most anterior somatic cilia are dikinetids
动纤丝 Kinetodesmal fiber	源自第 5-7 三联微管, 并与邻接毛基单元的纤维重叠 Originates from triplets 5-7 and overlap with fibers of adjacent kinetid	源自第 4-7 三联微管, 与邻接毛基单元的纤维不重叠 Originates from triplets 4-7 and does not overlap
TMT 带 TMT ribbon	起源于第 4 三联微管, 横向纤维有分支 Originates from triplets 4, a transverse fibril present Divergent	起源于第 3-4 三联微管, 纤维有分支 Originates from triplets 3-4, a fibril present Divergent
纤毛后微管束 PCMT ribbon	三根微管, 无致密物或支持物 Three microtubules, no dense material or support	3-6 根微管, 具有致密物和支持物 3-6 microtubules, dense material or support present
旁体囊 (PS) Parosomal sac	在 KD 和 TMT'S 之间, 接近于第 4 三联微管 Between KD and TMT's close to triplet #4	在 KD 和 PCMT's 之间, 与 KD 接近 Between KD and PCMT's, closer to KD
基底微管 Basal microtubules	有 Present	无 Absent
体线带 Somatic nematodesmata	无 Absent	有 (在滋养体阶段) Present in the trophont
质膜小泡中的电子致密物质 Electron dense material in pillicular alveoli	无 Absent	有 Present
纵行微管 (LMT) Longitudinal MT's	有 Present	有 Present

将刺激隐核虫的体毛基单元与其他纤毛虫的体毛基单元作一比较, 可以发现一个有趣的特征: 刺激隐核虫的体毛基单元的总特征与寡膜纲 (Oligohymenophorea) 和前口纲 (Prostomatea) 的体毛基单元均有相似之处 (表 1)。这些相似特征有分支的纤毛后微管束、辐射状横微管、横向纤维和纵行微管。但根据刺激隐核虫具有不相重叠的动纤丝、旁体囊的位置、缺乏基底微管、具有线带等特征, 刺激隐核虫似乎与 Prostome 更具亲缘关系, 而不是 Oligohymenophorea (表 1)。Prostomatea 类的纤毛虫的体毛基单元具有如下特征: 分支的纤毛后微管束, 其起源于第 5-7 三联微管, 并向前延伸的动纤丝, 辐射状横带 (Lynn, 1991)。寡膜纲和前口纲的区别在于寡膜纲具有重叠的动纤丝和连续的基底微管。在小瓜虫, 动纤丝与其它毛基单元的纤维重叠。而刺激隐核虫的动纤丝与相邻毛基单元的动纤丝不相重叠。基底微管是一组沿着毛基体

近端的动基列的一侧延伸的微管 (Corliss, 1979)。刺激隐核虫没有基底微管, 但小瓜虫则具有这种微管 (表 2)。

在前口类 (Prostome) 纤毛虫如 *Coleps amphacanthus*, *Prorodon aklitolophon* 和 *Prorodon teres*, 多数前部体毛基单元是双毛基单元, 每一毛基单元上生出 1 根纤毛 (Huttenlauch and Bardele, 1987; Hiller, 1993a)。刺激隐核虫的体毛基单元与前口类纤毛虫中的 *C. amphacanthus* (Huttenlauch and Bardele, 1987) 和 *Prorodon* (Hiller, 1993a) 非常相似, 只是在前部毛基体缺乏横行微管束。在寡膜类 (Oligohymenophoreans), 体毛基单元没有双毛基单元结构特征。这些差异表明, 刺激隐核虫与小瓜虫不同, 它不属于 Oligohymenophorean。刺激隐核虫的体单毛基单元和双毛基单元的总模式结构均显示它的分类更适合归于前口纲 (Prostomatea)。

参考文献 (References)

- Burgess PJ, Matthews RA, 1994. A standardized method for the in vivo maintenance of *Cryptocaryon irritans* (Ciliophora) using the grey mullet *Chelon labrosus* as an experimental host. *J. Parasitol.* 80 (2): 288–292.
- Cheung PF, Nigrelli RE, Ruggieri GD, 1981. Scanning electron microscopy on *Cryptocaryon irritans* Brown, 1951, a parasitic ciliate in marine fishes. *J. Aquaculture* 2 (1): 70–72.
- Chapman GB, Kerm RC, 1983. Ultrastructural aspects of the somatic cortex and contractile vacuole of the ciliate *Ichthyophthirius multifiliis* Fouquet. *J. Protozoal.* 30 (2): 481–490.
- Corliss JO, 1979. The ciliated protozoa, characterization, classification and guide to the literature. 2nd edn. New York: Pergamon Press, 455.
- Colomi A, Diamont A, 1993. Ultrastructural features of *Cryptocaryon irritans*, a ciliate parasite of marine fish. *European Journal of Parasitology* 29 (2): 425–434.
- Dickerson HW, Clark TG, 1997. Immune response of fishes to ciliates. *Annual Review of Fish Diseases* 6: 107–120.
- Diggles BK, 1997. Some information on the morphology of *Cryptocaryon irritans* from South-East Queensland Australia. *Eur. J. Protistology* 33: 200–210.
- Diggles BK, Adlard D, 1995. Taxonomic affinities of *Cryptocaryon irritans* and *Ichthyophthirius multifiliis* inferred from ribosomal RNA sequence data. *Diseases of Aquatic Organisms* 22 (1): 39–43.
- Hiller SA, 1993a. Ultrastructure of Prorodon (Ciliophora: Prostomatida) of somatic codex and some implications concerning kinetid evolution in Prostomatid and Colpodid ciliates. *J. Euk. Microbiol.* 40: 467–486.
- Huang W, Li AX, 2004. Prevention and treatment of Cryptocaryoniasis in intensive marine aquaculture. *Scientific Fish Farming* 20 (1): 44–46.
- Huang W, Ma Y, Li AX, 2005. Ultrastructural study on *Cryptocaryon irritans* throughout the life cycle of artificially infecting *Trachinotus blochi*. *J. Fisheries of China* 29 (5): 635–642.
- Huang W, Li AX, 2004. Prevention and treatment of cryptocaryoniasis in intensive marine aquaculture. *Scientific Fish Farming* 20 (1): 44–46.
- Huang W, Ma Y, Li AX, 2005. Ultrastructural study on *Cryptocaryon irritans* throughout the life cycle of artificially infecting *Trachinotus blochi*. *J. Fisheries of China* 29 (5): 635–642.
- Huttenlauch I, Bardele CF, 1987. Light and electron microscopical observations on the stomatogenesis of the ciliate *Colepe amphacanthus* Ehrenberg, 1833. *J. Protozool.* 34: 183–192.
- Lynn DH, 1981. The organization and evolution of microtubular organelles in ciliated protozoa. *Biological Reviews* 56: 243–292.
- Lynn DH, 1991. The implications of recent descriptions of kinetid structure to the systematics of the ciliated protists. *Protoplasma* 164: 123–142.
- Lynn DH, Corliss JO, 1991. Phylum Ciliophora. In: Harrison FR, Corliss JO ed. *Microscopic Anatomy of Vertebrates*. New York: Wiley-Liss, 333–467.
- Lom J, Corliss JO, 1971. Morphogenesis and cortical ultrastructure of *Brooklynella hostilis*, a dysterid ciliate ectoparasitic on marine fishes. *J. Protozool.* 18: 261–281.
- Matthews BF, Burgess PJ, 1993. *Cryptocaryon irritans* Brown, 1951 (Ichthyophthiriidae): the ultrastructure of the somatic cortex throughout the life cycle. *J. Fish Disease* 16: 339–349.
- Wright AD, Colomi A, 2002. Taxonomic re-assignment of *Cryptocaryon irritans*, a marine fish parasite. *European Journal of Protistology* 37 (2): 375–378.
- Xu R, Jiang J, Cheng B, 1992. Microscopy observation on life cycle of the *Cryptocaryon irritans*. *Marine Sciences* 4 (2): 87–90.
- Yambot AV, Song YL, Sung HH, 2003. Characterization of *Cryptocaryon irritans*, a parasite isolated from marine fishes in Taiwan. *Diseases of Aquatic Organisms* 54: 147–156.
- Yoshinaga T, Dickerson HW, 1994. Laboratory propagation of *Cryptocaryon irritans* on a saltwater-adapted *Poecilia* Hybrid, the black molly. *Journal of Aquatic Animal Health* 6: 197–201.
- Xu RL, Bai QS, Li GS, Jiang JB, 1995. Study on ultrastructure of *Cryptocaryon irritans* theronts. *Sun Yatsen University Forum* 1: 142–145.
- Xu RL, Bai QS, Li GS, Jiang JB, 1995. Study on ultrastructure of *Cryptocaryon irritans* theronts. *Sun Yatsen University Forum* 1: 142–145.

图 版 说 明

图 版 I

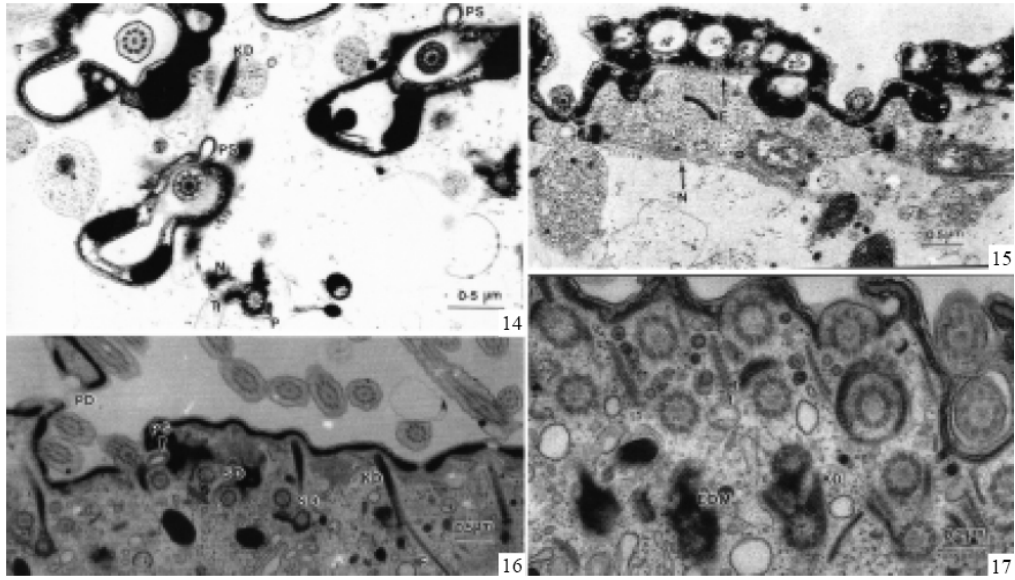
- 1、2. 幼虫的体单动胞横切面, 示动纤丝和纤毛后微管 (P) 以及横带 (T) 下面的电子致密物质 (DM)。
3. 幼虫的体部毛基单元的横切面, 示横微管 (箭头)。
4. 幼虫的质膜结构, 示表膜泡 (PA), 薄的外质层 (E)、动纤丝 (KD)、纤毛后微管束 (P)、横带 (T) 和纵向表皮上微管 (L)。
5. 纵横微管和横带的表面观, 箭头示旁体囊。
- 6–9. 滋养体体毛基单元的横断面。示邻接毛基体的动纤丝 (KD)、纤毛后微管束 (P)、线带 (N)、横带 (T)、横纤维 (Tf)。
10. 滋养体体部毛基单元的透射电镜图。示动纤丝 (KD)、纤毛后微管束 (P)、旁体囊 (PS)、横带 (T)、横纤维 (Tf)、纵向微管 (L) 和线带 (N)。
- 11, 12. 滋养体的质膜结构, 示线带 (N) 和厚的上皮 (E)。
13. 刺激隐核虫体毛基单元列的横切面, 示动纤丝 (KD)、横纤维丝 (Tf)、纤毛后微管束 (P)、横带 (T)、旁体囊 (PS)、纤维 (F)、口腔双毛基单元 (PD) 和致密物质 (EDM)。

Explanation of Plates

Plate I

- 1, 2. Cross section of the somatic monokinetid of the theront shows the kinetodesmal fibril (KD), and postciliary microtubules (P) and dense material (DM) underneath the transverse ribbon (T).
3. Cross section of the somatic kinetid of the theront shows transverse microtubules (arrowheads).

4. Pellicular structures of the theront showing pellicular alveoli (PA), thin epiplasm (E), kinetodesmal fiber (KD), postciliary microtubular ribbon (P), transverse ribbon (T), and longitudinally supraepiplasmic microtubules (L).
5. Surface view of a band of longitudinal microtubules and transverse ribbon of trophont. Arrowheads point to the parosomal sac.
- 6-9. Cross section of the trophont. Adjacent to the kinetosome is the kinetodesmal fibril (KD), postciliary microtubular ribbon (P), nematodesmata (N), transverse ribbon (T), and transverse fibril (Tf).
10. TEM of the somatic kinetid of the trophont. Kinetodesmal fibril (KD), postciliary ribbon (P), parosomal sac (PS), transverse ribbon (T), transverse fibril (Tf), longitudinal microtubules (L), and nematodesmata (N).
- 11-12. Some pellicular structures of the trophont showing the nematodesmata (N) and thick epiplasm (E).
13. Cross sections of the somatic dikinetid (SD) of *Cryptociliary* showing the kinetodesmal fiber (KD), transverse fibril (Tf), postciliary microtubular ribbon (P), transverse ribbon (T), parosomal sac (PS), fiber (F), paroral dikinetids (PD), and electron dense material (EDM).



14. 滋养体体部毛基单元的透射电镜图。示动纤丝 (KD)。纤毛后微管束 (P)、旁体囊 (PS)、横带 (T)、横纤维 (Tf)、纵向微管 (L) 和线带 (N)。

15. 滋养体的质膜结构，示线带 (N) 和厚的上皮 (E)。

16, 17. 刺激隐核虫体毛基单元列的横切面，示动纤丝 (KD)、横纤维丝 (Tf)、纤毛后微管束 (P)、横带 (T)、旁体囊 (PS)、纤维 (F)、口侧双毛基单元 (PD) 和致密物质 (EDM)。

14. TEM of the somatic kinetid of the trophont. Kinetodesmal fibril (KD), postciliary ribbon (P), parosomal sac (PS), transverse ribbon (T), transverse fibril (Tf), longitudinal microtubules (L), and nematodesmata (N).

15. Some pellicular structures of the trophont showing the nematodesmata (N) and thick epiplasm (E).

16, 17. Cross sections of the somatic dikinetid (SD) of *Cryptocaryon irritans* showing the kinetodesmal fiber (KD), transverse fibril (Tf), postciliary microtubular ribbon (P), transverse ribbon (T), parosomal sac (PS), fiber (F), paroral dikinetids (PD), and electron dense material (EDM).