

棘腹蛙血液内利川锥虫生活史的研究*

李连祥 汪建国

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

提 要

利川锥虫(*Trypanosoma lichuanensis* Li)寄生在棘腹蛙血液内。虫体波动膜明显。鞭毛较粗,一般不伸出体外形成游离的鞭毛。感染试验表明其中间宿主是绿蛙蛭(*Batrachobdella paludosa* Carena)。虫体在绿蛙蛭嗦囊的上皮细胞内进行裂配生殖或假包裹,产生许多无鞭体、前鞭体和锥虫体等不同发育时期。前鞭体的超微结构特点是:虫体表膜较厚,表膜下微管管壁较厚,线粒体较多,卵圆或长椭圆形,隆嵴不明显。未见高尔基体,内质网很少,不易观察到。胞质中有3—5颗或更多、多角形至圆形,较大的色素体。

关键词 利川锥虫, 绿蛙蛭, 生活史, 无鞭体, 前鞭体, 锥虫体, 超微结构

Mayer(1843)^[1]首先在蛙血液内发现旋锥虫(*Trypanosoma rotatorium* Mayer),以后在不同的青蛙和蝾螈(*Salamandra* sp.)的血液内陆续发现不同的锥虫。根据文献所知近十年来有数篇报道寄生在蟾蜍和美洲蛙(*Rana americanus*)的锥虫^[2-6]。

蛭类作为锥虫传布的中间宿主已有不少的学者进行了研究。如 Barrow 记述一种蛙蛭(*Batrachobdella picta*)是寄生在水蝾(Newt)的锥虫(*Trypanosoma diemyctyli* Tobey)的中间宿主,另一种蛙蛭(*Placobdella marginata*)是旋锥虫的中间宿主^[7,8]。寄生在金鱼和鲤鱼的锥虫(*T. danilewskyi* Laveran & Mesnil),其中间传布者也是一种蛭(*Hemiclepsis marginata* Qadri)^[9]。

关于锥虫生活史及其在中间宿主体内生长发育的情况国外早有报道^[10,11],但在蛭体内发育时期的超微结构的研究则较少^[12]。

作者于1989—1990年先后对湖北省咸丰县、利川县的棘腹蛙(*Rana boulengeri* Günther)寄生的原生动物作了调查,发现其血液内有一种锥虫。与此同时,在棘腹蛙体表收集到一种绿蛙蛭,在其体内发现一种锥虫,其主要形态结构与棘腹蛙体内寄生的无鞭锥虫的形态没有明显的区别;另外,通过交叉感染试验,证明绿蛙蛭是无鞭锥虫的中间宿主,并在光学显微镜观察的基础上,对其在中间宿主体内发育时期的超微结构进行了观察。

1 材料和方法

1.1 血液涂片 将含锥虫较多的血液移至凹玻片内,加少量生理盐水,待血液凝固后,

* 国家自然科学基金项目(编号: 3870489)。

1992年7月15日收到。

去掉凝结部分,取少量血浆在玻片上来回作“之”字形涂片,让涂片在空气中干燥或用钼酸气体薰死,凉干后按吉姆萨染色方法制片。中间宿主体内锥虫标本的收集,照上述方法进行。

1.2 经检查发现有含锥虫较多的绿蛙蛭,迅速切成 1mm 直径大小的小块,直接投入 2% 钼酸震荡固定 1.5—2.0h,用 pH7.2—7.4 磷酸缓冲液洗涤 3 次后,再用 1% 钼酸固定 1h,以后经洗涤,脱水,透明,环氧树脂(Epon 812)包埋,LKB-V 切片机切片,经醋酸铀,柠檬酸铅染色,日本产 H-3 型透射电镜观察*。

2 结果

2.1 利川锥虫的光学显微镜观察

寄主及部位:棘腹蛙血液

虫体细长,两端较尖小,常作“S”或“W”状扭曲运动。虫体长 56.4(48.0—74.4) μm ,宽 5.7(3.1—8.4) μm 。胞核卵形或圆球形,位于虫体中部偏前,直径 3.0—4.9 μm 。核内有 2—4 个着色较深的颗粒;胞核距虫体前方为 22.3(16.8—41.4) μm ,至体后为 28.8(24.0—40.8) μm 。波动膜明显,具有 3—5 个不太显著的波状起伏,其最宽处为 2.4 μm 。生毛体或动核(Kinetoplast)很小,圆形,直径 0.7—0.9 μm 。生毛体距虫体后端 8.1—18.0 μm 。胞质内具 2—3 个大小不等的空泡。鞭毛较粗,着色明显,自生毛体发出后沿虫体表膜伸向前方,一般不伸出到体外形成明显的游离鞭毛^[13][图 1]。

1989 年检查咸丰的棘腹蛙只有 40% 的感染利川锥虫。1990 年 7 月调查利川县的棘腹蛙 13 只,其中 6 只感染,占 46.1%,雌雄蛙对感染锥虫没有明显的差别,当年 15g 左右的幼蛙内未发现有锥虫。

2.2 利川锥虫的中间宿主——绿蛙蛭

1989、1990 年先后在棘腹蛙体表和附肢上收集到一种蛙蛭,鉴定为绿蛙蛭** ,经检查发现其血液内有发育不同时期的锥虫。仔细观察后,认为其基本形态结构与棘腹蛙血液中的利川锥虫没有明显的差别,同属一种。

绿蛙蛭多数吸附在前后肢的脚趾之间和腹侧皮肤上。一般有 3—5 个,多的达 20 多个。蛭体为淡黄色,饥饿时较透明,吸血后为暗红色。后吸盘大于前吸盘。虫体前端背面有一对“八”字状排列的眼点,体表除有环纹外,还有明显的纵长的体褶。虫体大小很悬殊,小的仅 3—5mm,大的长 1—5cm,宽 0.5cm。蛭的形态如图 2。

将蛙体上的绿蛙蛭取下放在小烧杯内暂养 1d 后,分别将 3 只蛭放到盛有黑斑蛙(*Rana nigromaculata* Hallowell)、金线蛙(*Rana plancyi* Lataste)和大蟾蜍中华亚种(*Bufo bufo gargarizans* Cantor)的小水体中。蛭不吸附上去,人为地将蛭放到蛙背上,不久自动地爬下来,未见吸血行为。与黄鳝[*Monopterus albus* (Zuiew)]暂养在一起,不但未见吸黄鳝的血,而且反被黄鳝吞食。与当年体重 15g 左右的小棘腹蛙暂养,很快就吸附其上,吸

* * 中国科学院水生生物研究所水生生态及生物技术国家重点试验室袁秀平同志协助制片及电镜观察,特此致谢。

* * * 中国科学院水生生物研究所杨潼先生协助鉴定蛭种,在此表示感谢。

血,两天后由于气温太高,水质变坏,小蛭死亡,试验中断。

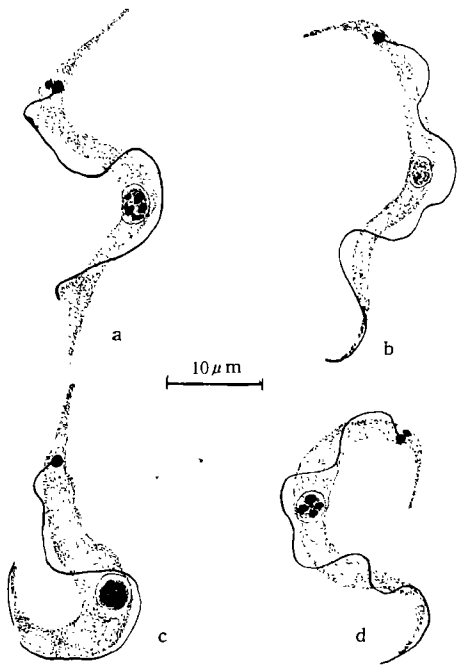


图1 利川锥虫的形态

a.d 示虫体的形状,波动膜,胞核内的染色质粒和在生毛体旁的颗粒;

b.c. 示虫体形状及内部结构,前端无游离的鞭毛。

Fig.1 Morphology of *Trypanosoma lichuanensis*

a.d.Showing shape, undulating membrane, granules of chromatin inside nucleus and a small granule by side of kinetoplast;

b.c. Showing shape, internal structure, note no free flagellum at anterior end.

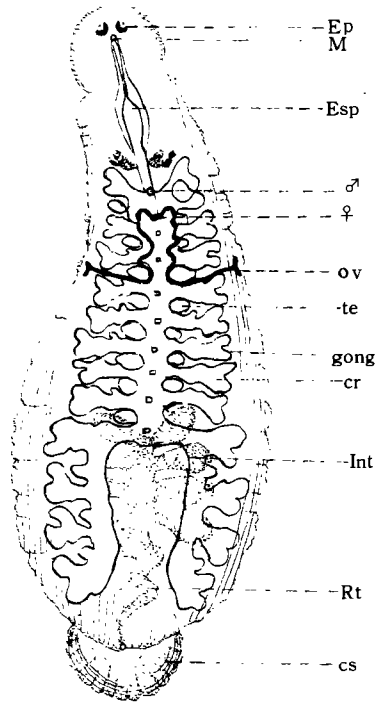


图2 绿蛙蛭的形态

Fig.2 Morphology of *Batrachobdella paludosa* Carena

CR Crop 嗦囊 CS Cling sucker 粘附盘

EP Eyespot 眼点 Esp Esophagus 食道 Gang

Ganglion 神经节 Int Intestine 肠管 M Mouth 口

OV Ovarium 卵巢 Rt Rectum 直肠 Te Testes

精巢

♀ 雌性生殖孔 ♂ 雄性生殖孔

根据上述的初步试验和观察,在被绿蛙蛭吸血过的小蛙血液内虽未查到锥虫,但作者相信绿蛙蛭是利川锥虫的中间宿主,因为,从上述的初步试验中看出,绿蛙蛭对被吸血的动物具有明显的选择性或专一性。

2.3 利川锥虫在中间宿主体内的发育

2.3.1 光学显微镜下的形态结构 据文献所知,锥虫在中间宿主体内有三个明显的不同发育时期。当绿蛙蛭吸血时,锥虫随血液进入中间宿主的嗦囊(Crop),在嗦囊的上皮细胞内进行裂配生殖(Schizogony)或假包囊(Pseudocyst)产生较多无鞭体(Amastigotes)。从绿蛙蛭体液的涂片标本里未观察到正在繁殖的假包囊,但可观察到为

数不多的含有多核的胞质团, 直径约 $8.0\mu\text{m}$ [图 3: a]。无鞭体形似红血球, 但较血球小, 长 $5.0\text{--}6.0\mu\text{m}$, 宽 $3.4\mu\text{m}$ 。外周着色较浓, 胞质里具有一个胞核, 生毛体较小, 圆形, 通常它与胞核保持一定的距离, 无鞭毛或鞭毛不突出体外 [图 3: b—c]。无鞭体经过一段时间的发育, 长出一根鞭毛, 有的进行分裂 [图 3: d—f]。经涂片的标本, 大量的前鞭体 (Epimastigotes) 也有称它为短膜虫体 (Critidia) 的形状和体积变化较大, 通常为细柳叶状, 两端较尖小, 长 $13.2\text{--}45.6\mu\text{m}$, 宽 $1.8\text{--}3.6\mu\text{m}$, 胞核一个, 椭圆形; 生毛体很小, 圆形, 其所在位置不定, 通常在胞核前方, 这是前鞭体时期的一个主要特点, 其次是虫体前方具有一根游离的鞭毛 [图 3: g—i]。随着虫体的发育, 其生毛体移到胞核之后, 其形态日趋接近锥虫 [图 3: j]。

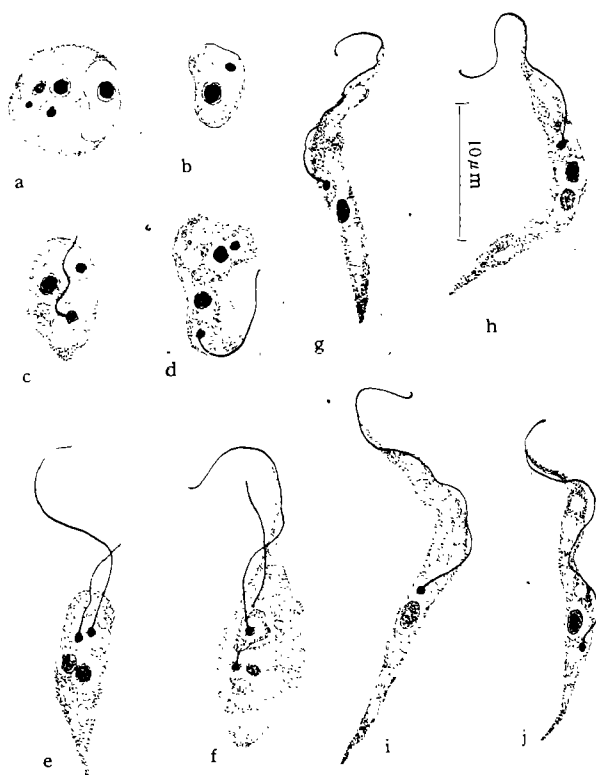


图 3 利川锥虫在中间宿主体内的发育

a. 具多核的胞质团, 吉姆萨染色; b. 早期的无鞭体, 吉姆萨染色; c. 早期的前鞭体, 示生毛体分裂后的情形, 吉姆萨染色; d. 前鞭体, 示分裂的情形, 吉姆萨染色; e, f. 前鞭体, 示胞核及生毛体分裂, 吉姆萨染色; g—i. 前鞭体, 示胞核及生毛体的位置, 吉姆萨染色; j. 锥虫体, 示胞核及生毛体的位置, 吉姆萨染色。

Fig. 3 Development of *Trypanosoma lichuanensis* in intermediate host

a. A cytoplasm with multinuclei, Giemsa stained, (G. S.) b. An amastigote in early stage of development, G. S. c. An amastigote, showing its divided kinetoplast, G. S. d. An amastigote, showing its divided kinetoplast and nucleus, G. S. e, f. Epimastigotes, showing divided nucleus and kinetoplast, G. S. g—i. Epimastigotes, showing position of nucleus and kinetoplast, G. S. j. A trypomastigote, showing its position of nucleus and kinetoplast, G. S.

观察绿蛙蛭嗦囊的超薄切片, 在上皮细胞的基部或上皮细胞的胞核下方, 发现有早期

发育的假包囊,即数个虫体散布上皮组织内。虫体近似圆球形,其周边有时可见到稀疏排列的单层微管,还能见到虫体内胞核进行分裂的情形[图版 I:2]。这种具有多核状态的假包囊,进而发育为早期的前鞭体[图版 I:4—7]。三个早期阶段的前鞭体清晰可见,其中一个大的,在其胞质中除见到线粒体外,在虫体的边缘处还能观察到单层排列的微管。而晚期阶段的前鞭体,因切片不理想,未进一步观察。绿蛙蛭嗦囊上皮细胞的一个明显特征,就是细胞内具有一些大小不一、圆形的染色体[图版 I:1—2]。

2.3.2 虫体的超微结构

2.3.2.1 鞭毛和生毛体 早期的无鞭体仅有未长出鞭毛的生毛体。稍大一点的前鞭体,其鞭毛的基部有明显的基体(Basal body)。鞭毛的横断面为典型的 9+2 微管型式,鞭毛的外周还有明显的副轴杆[图版 II:10,12]。当切片面适当时,鞭毛基部周围还有一个袋状的鞭毛鞘(Flagellar pocket)[图版 II:8,11]。由于无鞭体和前鞭体均可进行细胞分裂,所以在一些虫体内发现有两根并列在一起的鞭毛[图版 I:7;图版 II:9]。生毛体较粗,长杆状,“一”字形或作新月形弯曲,位于基体的底部[图版 II:8,9]。当放大到 2 万倍时,可见生毛体内的 DNA 为丝状排列,外周为一层透明区,内为颜色较深的电子致密的细丝,有人称它为 KDNA[图版 I:7]。在有的标本上也观察到生毛体拉长成波浪状或已分裂成两个的情形。前鞭体长出的鞭毛长短不一,但自生毛体长出,伸向体外,成为游离的鞭毛,不形成波动膜结构[图版 II:8]。

2.3.2.2 胞核 胞核圆形或椭圆形,位于虫体中部,有明显的核仁,核周缘亦有致密的电子粒,核膜较薄,单层[图版 II:8,9,13]。

2.3.2.3 线粒体和高尔基体 无鞭体和前鞭体的线粒体(Mitochondrion)较多,圆形或长椭圆形,通常分布在虫体周沿,内部也有,有时还聚集在虫体的后端[图版 I:4,5,6]。线粒体具不太明显的隆嵴 3—4 条,与纵轴作倾斜或平行排列[图版 I:4]。未发现高尔基体(Golgi body),可能是未切中其所在部位。

2.3.2.4 内质网、色素体和其它内含物 虫体的内质网不多,有时观察到 1—2 条细管状的粗面内质网(Rough endoplasmic reticulum)[图版 I:4—6]。无论是无鞭体或是前鞭体,其胞质内都具有圆形或球形的色素[图版 I:4—7;图版 II:8—13],这也是此鞭毛虫生活史中的一个特点。由于色素的存在,说明虫体早期是在绿蛙蛭嗦囊上皮细胞内发育的,因为嗦囊腔内没有色素,而嗦囊的表皮细胞内具有较多的色素[图版 I:1]。另外,在胞质中还观察到稀疏分布的糖原体和类脂物[图版 I:5]。

2.3.2.5 表膜和表膜下微管 虫体表膜较厚,单层,表面光滑,均匀地环绕虫体。表膜下为单行、整齐排列的表膜下微管(Subpellicular microtubules)。由于每条微管的壁较厚,所以无论纵切面或是横切面图象都较清晰[图版 I:4—6;图版 II:10,12]。其表膜的厚度与微管的直径几乎相等。

3 讨论

3.1 根据一些学者对某些锥虫生活史的观察^[10—12],当锥虫随宿主的血液进入中间宿主的胃壁,几天后,在上皮组织细胞内进行分裂繁殖,产生许多无鞭体,形成假包囊的形式,进而发育成前鞭体和其它的时期。作者在这次研究中,无论是利用绿蛙蛭体液的涂片,或

是对嗦囊上皮组织的超微结构的观察,均发现虫体有分裂的现象,而且在上皮细胞内还观察到虫体早期发育的情形。另外,作者认为无鞭体和前鞭体体内的色素颗粒,与绿蛙蛭上皮细胞内的色素颗粒相一致,说明锥虫是在绿蛙蛭上皮组织内发育的,而且是通过吸收宿主的组织内含物以建造本身的。

3.2. 关于锥虫体内的色素体,Heywood et al 等在 *Trypanosoma cyclops* 报道中曾提到^[14,15],但数量很少,近圆形,黄棕色,多数分布在虫体后部。本文记述的利川锥虫,在中间宿主体内早期发育阶段的虫体,都具有比较多的色素体;另外在中间宿主的上皮细胞内也有较多的色素,它是中间宿主上皮组织内所固有的,抑或是上皮组织在锥虫发育的刺激下所产生?有待深入研究。从无鞭体和前鞭体直接利用中间宿主上皮细胞内含物建造虫体本身来看,可以利用绿蛙蛭为试验材料,进一步探讨某些化学和致毒物质对锥虫各发育时期的影响,这是一个很有趣的问题。

3.3. 利川锥虫的中间宿主——绿蛙蛭,作者对其进行了初步试验和观察,在室内条件下观察到绿蛙蛭只能附着和吸取棘腹蛙的血液,具有明显地选择性或专一性,因此确认绿蛙蛭是利川锥虫的中间宿主,但被感染的幼蛙数不多,而且感染两天后中途死亡的,其血液内未能检出利川锥虫,有待进一步研究。

Desser 在他的研究中确认 *Batrachobdella picta* 是旋锥虫和 *T. fallisi* 的中间宿主,其终宿主分别为美洲蟾蜍 *Bufo americanus* 和西北蟾蜍(*Bufo boreas* Baird et Girard)^[12,16],而作者从棘腹蛙血液内发现的利川锥虫,其中间宿主也是一种绿蛙蛭,但就虫体内超微结构而言,此虫无游离的前鞭毛,无鞭体和前鞭体内具明显的色素体,也说明利川锥虫有其不同的特点。

参 考 文 献

- [1] Mayer, C. 1843. Specilegium observationum de organo electrico in Raiis anelectricis et de haematozois. Bonn.
- [2] Barta, J R, Bouland, Y & Desser, S S. Blood parasites of *Rana esculenta* from Corsica: Comparison of its parasites with those of Eastern North American ranids in the context of host phylogeny. *Trans. Am. Micros. Soc.* 1989, **108**(1): 6—20.
- [3] Werner, J K, Davis, J S & Slaght, K S Trypanosomes of *Bufo americanus* from Northern Michigan. *J. Wildl. Dis.* 1988, **24**: 647—649.
- [4] Woo, PTK. Trypanosomes in amphibians and reptiles in Southern Ontario. *Can. J. Zool.* 1969, **47**: 981—985.
- [5] Martin, D S Desser, S S & Werner, J K. Allozyme comparison and infectivity of cultured stage of *Trypanosoma fallisi* from Southern Ontario and a trypanosome of toads from Northern Michigan. *J. Parasitol.* 1992, **78**(6): 1083—1086.
- [6] Johnson, R N, Young, D G, & Butler, J F, Trypanosome transmission by *Corethrella wirthi* (Diptera: Chuoboridae) to the green treefrog *Hyla cinerea* (Anura: Hylidae). *J. Med. Ent.* 1993, **30**(5): 918—921.
- [7] Barrow, J H Jr. The biology of *Trypanosoma diemictyli*. I. *Trans. Am. Micros. Soc.* 1953, **72**: 197—216.
- [8] Barrow, J H Jr. The biology of *Trypanosoma diemictyli*. II. *Trans. Am. Micros. Soc.* 1954, **73**: 242—257.
- [9] Laveran, A. & Mesnil, F. Sur les flagelles a membrane ondulante des poissons, etc. *C. K. Acad. Sci.* 1901, **133**: 670.
- [10] Woo, PTK. The life cycle of *Trypanosoma chrysenydis*. *Can. J. Zool.* 1969a, **47**: 1139—1151.
- [11] Woo, PTK. The development of *Trypanosoma canadensis* of *Rana pipiens* in *Placobdella* sp. *Can. J. Zool.* 1969b, **47**: 1257—1259.
- [12] Desser, S S. The ultrastructure of the epimastigote stage of *Trypanosoma ratatorium* in the leech *Batrachobdella picta*. *Can. J. Zool.* 1976, **54**: 1712—1723.

- [13] 李连祥. 棘腹蛙体内寄生原生动物两新种的记述. 动物分类学报. 1992, vol.18(4): 385—388.
- [14] Heywood, P. Weinman, D. & Lipman, M. Fine structure of *Trypanosoma cyclops* in noncellular cultures. *J. Protozool.* 1974, 21: 232—238.
- [15] Weinman, D. *Trypanosoma cyclops*: A pigmented trypanosome from the Malaysian primates *Macaca nemestrina* and *M. ira*. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 1972, 66: 628—636.
- [16] Martin, D S. & Desser, S S. A light and electron microscopic study of *Trypanosoma fallisi* n. sp. in toads (*Bufo americanus*) from Algonquin Park, Ontario. *J. Protozool.* 1990, 37(3): 199—206.

THE LIFE CYCLE OF *TRYPANOSOMA LICHUANENSIS* LI IN BLOOD OF *RANA BOULENGERI* GÜNTHER

Li Lianxiang and Wang Jianguo

(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072)

Abstract

Trypanosoma lichuanensis Li parasitic in the blood of *Rana Boulengeri* possesses a thick flagellum and a notable undulating membrane. Free flagellum was not observed at the anterior end of the body. Laboratory experiments revealed that the intermediate host of this parasite is a small leech, *Batrachobdella paludosa* Carena. Amastigotes, epimastigotes and trypomastigotes were produced by schizogony or pseudocyst in leech's crops. The epimastigotes are characteristic of thick pellicle and thick wall of subpellicular microtubules, and of many mitochondria which are oval or elongated ellipsoidal in shape and are indistinct in ridges. Their rough endoplasmic reticula were few with 3—5 or even more round or pigment granules in cytoplasm.

Key words *Trypanosoma lichuanensis*, *Rana Boulengeri*, Life cycle of trypanosome, Amastigote, Epimastigote, Trypomastigote, Ultrastructure

图 版 说 明

图版 I

1. 绿蛙蛭嗦囊的上皮细胞。× 10000; 2. 利川锥虫在宿主上皮细胞内早期发育阶段, 示假色囊或裂配生殖。× 15000; 3. 利川锥虫在宿主上皮细胞内早期发育阶段, 示虫体不同时期。× 15000; 4. 利川锥虫的一部分, 示线粒体, 内质网, 色素体, 类脂体和表膜下微管。× 30000; 5. 虫体的一部分, 示线粒体, 内质网, 色素体, 类脂体和表膜下微管。× 15000; 6. 虫体一端, 示色素体, 类脂体, 线粒体和表膜下微管。× 20000; 7. 虫体早期分裂, 示生毛体和两根鞭毛。× 20000

1. Epithelial cells of crop of *Batrachobdella paludosa*. × 10000; 2. Early developmental stage of *T. lichuanensis* in epithelial cells, showing pseudocyst or schizogony. × 15000; 3. Early developmental stage of *T. lichuanensis* in epithelial cells, showing parasites in different stages. × 15000; 4. A part of parasite, showing mitochondria, endoplasmic reticulum, pigment and subpellicular microtubules. × 30000; 5. A part of parasite, showing mitochondria, endoplasmic reticulum, pigments, lipid inclusion and subpellicular microtubules. × 15000; 6. End of parasite, showing pigments, lipid inclusion, mitochondria, subpellicular microtubules. × 20000; 7. Early divided stage of parasite, showing kinetoplast and two flagella. × 20000

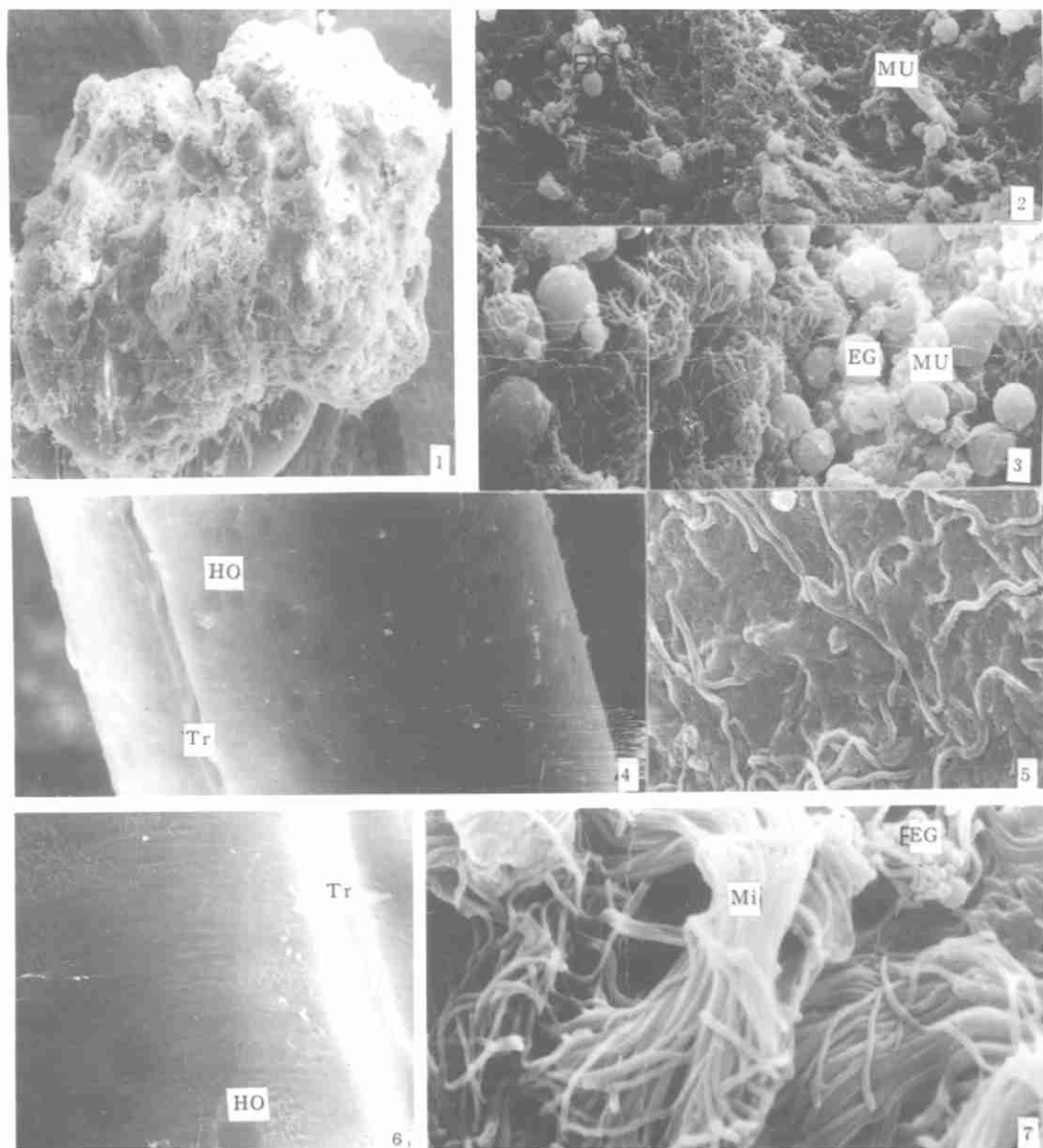
图版 II

8. 虫体纵切面观, 示鞭毛, 鞭毛鞘, 生毛体, 胞核, 色素体和表膜下微管。× 15000; 9. 虫体横切面观, 示表膜, 表膜下微管和鞭毛。× 30000; 10. 鞭毛的横切面观, 示鞭毛内 9+2 微管和副轴杆。× 30000; 11. 虫体的纵切面观, 示其内部结构。× 10000; 12. 虫体的一部分, 示色素体, 鞭毛, 内质网和鞭毛鞘。× 20000; 13. 虫体的横切面观, 示胞核, 核仁和两颗色素体。× 20000

8. Longitudinal section view of parasite, showing flagellum, flagellar pocket, kinetoplast, nucleus, pigments and subpellicular microtubules. × 15000; 9. Crossing section view of parasite, showing pellicle, subpellicular microtubules and flagellum. × 30000; 10. A crossing section view of flagellum, showing its 9+2 form of microtubules and paraxial rod. × 30000; 11. Longitudinal section view of parasite, showing its internal structures. × 10000; 12. A part of parasite, showing pigments, flagellum, endoplasmic reticulum, flagellar pocket. × 20000; 13. a crossing section view of parasite, showing nucleus and nucleolus and two pigments. × 20000

图版 I、II 利川锥虫生活史的超微结构中缩写字的说明

* F 鞭毛 Flagellum; Fp 鞭毛鞘 Flagellar pocket; K 生毛体 Kinetoplast; Li 类脂物 Lipid inclusion; M 线粒体 Mitochondrion; N 胞核 Nucleus; No 核仁 Nucleol; Pa 虫体 Parasite; Pi 色素体 Pigment; RER 粗内质网 Rough endoplasmic reticulum; SpM 表膜下微管 Subpellicular microtubules



1. 晶杆头部显示两部分, $\times 60$; 2. 头部表面示蜂窝状结构及消化酶颗粒和粘液, $\times 1500$; 3. 图2放大, $\times 2000$; 4. 杆状部, 示槽及表面凹陷小坑, $\times 360$; 5. 图4放大, 示杆状部表面微细结构, $\times 4400$; 6. 图4放大; 7. 杆状部表面粘附的微绒毛, $\times 5400$.

1. The head showing two parts. $\times 60$ 2. A portion of the surface of the head showing honeycomb-like membrane, enzymatic granule and mucus. $\times 1500$ 3. The same as 2, showing enzymatic granule and mucus. $\times 2000$ 4. A portion of the rod showing trough and hollow or recess. $\times 360$ 5. A portion of the surface of the rod showing submicroscopic structure. $\times 4400$ 6. The same as 4, showing trough and hollow. $\times 860$ 7. Microvillus. $\times 5400$.

Mu. 粘液 (Mucus); EG 消化酶颗粒 (Enzymatic Granule); Tr 槽 (Trough); Ho. 凹陷 (Hollow); Mi 微绒毛 (Microvillus)

