

DOI:10.13350/j.cjpb.230409

• 论著 •

卫氏并殖吸虫尾蚴经口感染的传播途径研究^{*}刘道华,金郁,呼明闯,汪奇志,许薇,操治国^{**}

(安徽省血吸虫病防治研究所,安徽合肥 230031)

【摘要】 目的 了解皖南山区卫氏并殖吸虫尾蚴经口感染家犬及SD大鼠后特异抗体、虫卵及虫体变化情况,探索卫氏并殖吸虫感染新传播途径。**方法** 自安徽省休宁县收集卫氏并殖吸虫尾蚴和囊蚴,分别经口感染家犬和SD大鼠,常规饲养。收集感染动物血清,ELISA法检测特异性IgM和IgG抗体;收集粪便,检测并殖吸虫虫卵。感染后30周剖杀,检获肺脏或肌肉中并殖吸虫成虫或童虫,比较分析尾蚴实验组和囊蚴对照组得虫率的差异。**结果** 实验组家犬感染并殖吸虫尾蚴后血清IgM和IgG抗体与囊蚴对照组的抗体变化规律一致,仅IgM抗体存在时间较短;实验组SD大鼠感染并殖吸虫尾蚴后血清IgM抗体存在时间和IgG的OD值高水平维持时间均较囊蚴对照组大鼠短。实验组和囊蚴对照组家犬粪便中均检出并殖吸虫虫卵,肺脏中查到并殖吸虫成虫,两组得虫率差异有统计学意义($P<0.05$)。实验组和囊蚴对照组SD大鼠粪便中均未查到虫卵,在其肌肉中均发现并殖吸虫童虫,两组得虫率差异无统计学意义($P>0.05$)。

结论 皖南山区卫氏并殖吸虫尾蚴可经口感染家犬和SD大鼠,为当地居民并殖吸虫感染新途径的探索和防治措施的制定奠定了理论基础。

【关键词】 卫氏并殖吸虫;尾蚴;感染;实验研究

【中图分类号】 R383.23

【文献标识码】 A

【文章编号】 1673-5234(2023)04-0416-05

[Journal of Pathogen Biology. 2023 Apr;18(4):416-420.]

Study on transmission route of cercariae of *Paragonimus westermani* through oral infection

LIU Dao-hua, JIN Yu, HU Ming-chuang, WANG Qi-zhi, XU Wei, CAO Zhi-guo (Anhui Provincial Institute of Schistosomiasis Control, Hefei 230031, China) ^{***}

【Abstract】 Objective To investigate the changes of specific antibodies, eggs and bodies of *Paragonimus westermani* after its cercariae were orally infected with dogs and SD rats, and to explore a new transmission route of *P. westermani* infection of southern Anhui province. **Methods** Cercariae and metacercariae of *P. westermani* were collected from Xiuning County, Anhui Province, and infected dogs and SD rats were fed orally, respectively. Serum of infected animals was collected every week, and specific IgM and IgG antibodies were detected by ELISA. At the same time, feces were collected and *P. westermani* eggs were detected. After 30 weeks of infection, the adult and larvae of *P. westermani* were collected from lung or muscle, count and the difference of recovery rate between cercariae group and control group was compared. **Results** The IgM of the dogs in the experimental group was positive at the 4th to 5th week, and was negative at the 18th week. The IgG of was positive at the 12th to 13th week, and still positive at the 30th week. The IgM and IgG antibodies of the dogs in the experimental group were consistent with those in the control group, but the IgM antibodies existed for a short time. The IgM of the SD rats in the experimental group was positive at the 2th to 3th week, and was negative at the 13th to 14th week. Compared with the control group, SD rats in the experimental group had shorter time of IgM antibody and shorter time of maintaining high OD value of IgG. The eggs of *P. westermani* were detected in feces of dogs in the experimental group and the control group, but were not found in the feces of SD rats both the experimental group and the control group. The adult and larvae of *P. westermani* were collected from lung of dogs in the experimental group and the control group, the recovery rate was 13.83% and 35.00% respectively, and there was statistical significance between the two groups ($P<0.05$). The larvae of *P. westermani* were collected from muscle of SD rats in the experimental group and the control group, the recovery rate was 10.00% and 14.20% respectively, and there was no statistical significance between the two groups ($P>0.05$). **Conclusion** The cercariae of *P. westermani* can infect dogs and SD rats orally in southern Anhui Province, which lays a theoretical foundation for the exploration of new ways of *P. westermani* infection and the formulation of control measures.

【Key words】 *Paragonimus westermani*; cercariae; infection; experimental study

* **【基金项目】** 安徽省卫生健康委科研项目(No. AHWJ2021b028)

** **【通讯作者】** 操治国, E-mail: ahzhiguo@126.com

【作者简介】 刘道华(1984-),女,山东人,硕士,副主任医师,主要从事人体寄生虫病控制。E-mail: liudaohua0808@126.com

并殖吸虫(Paragonimus)又称肺吸虫,主要寄生于人体组织、脏器而引起并殖吸虫病,是寄生人体吸虫中种类繁多、致病性最复杂的一种吸虫。并殖吸虫病呈世界性分布,全球约有2000万并殖吸虫患者,我国约占一半,是我国重要的人兽共患食源性寄生虫病。全球报道的并殖吸虫有50余种,我国分布有32种,其中卫氏并殖吸虫和斯氏并殖吸虫为主要致病虫种^[1]。

安徽省的皖南山区是并殖吸虫病的流行区和自然疫源地,分布的卫氏并殖吸虫绝大多数为小型品系,与国内其他地区的虫种类型不同^[2-4]。近年来,相关调查发现皖南山区尤其是休宁县人群并殖吸虫血清阳性率较高,但感染者中食用溪蟹者很少,而饮用生水者占感染者大多数^[5-9]。研究证实,囊蚴在完整的溪蟹体内不会逸出,且囊蚴的比重比水大,在自然界水体中的浓度极小,饮用含囊蚴的生溪水而感染并殖吸虫的可能性和危险性较小^[10]。此外,国内有其他种属类型的并殖吸虫尾蚴感染动物检获到虫体的报道^[11]。因此,为了解流行于皖南山区的小型品系卫氏并殖吸虫能否经尾蚴阶段经口直接引起并殖吸虫感染,本研究拟开展卫氏并殖吸虫感染新传播途径调查。

材料与方法

1 并殖吸虫尾蚴和囊蚴的获取

选择安徽省休宁县蓝田镇夹溪河及其支流作为调查点,每隔10米作为一个采样点进行调查,采用抓捕法采集并殖吸虫第一中间宿主放逸短沟蜷。同时,在采集放逸短沟蜷的采样点采用放网捕获法收集并殖吸虫第二中间宿主溪蟹。

将放逸短沟蜷用解剖钳剪去顶端约2~3 mm的外壳,使其形成一孔;用镊子在底端推压螺盖,使肝组织突出孔外;用镊子撕取少许肝组织,放在载玻片上,加1~2滴清水,搅拌混合,在解剖镜下进行形态鉴定,确定为并殖吸虫尾蚴后,收集,备用。

将溪蟹用研磨器充分捣碎后倒入网筛中,用清水冲洗过筛后倒入锥形量杯中,自然沉淀后,弃去上层肉屑,将量杯底部的沉淀物倒入培养皿中,解剖镜下进行形态学鉴定,确定为并殖吸虫囊蚴后,收集,备用。

2 动物感染

家犬(安徽医科大学动物实验中心提供)8只,犬龄24月,体重约10 kg,实验前连续3d收集粪便,采用改良加藤厚涂片法(Kato-Katz法)检测寄生虫虫卵,未见并殖吸虫虫卵,并经阿苯达唑预防性驱虫治疗。8只犬随机分为3组,分别为实验组(1-3号)、囊蚴对照组(4-6号)和空白对照组(7-8号)。实验组采用口饲法感染并殖吸虫尾蚴200个,囊蚴对照组采用口饲法感染并殖吸虫囊蚴200个,空白对照组家犬不进行感

染。

健康雄性SD大鼠10只(安徽医科大学动物实验中心提供),6~8周龄,体重约200 g,随机分为3组,分别为实验组(1-4号)、囊蚴对照组(5-8号)和空白对照组(9-10号)。实验组采用口饲法感染并殖吸虫尾蚴30个,对照组采用口饲法感染并殖吸虫囊蚴30个,空白对照组大鼠不进行感染。

本研究经安徽省血吸虫病防治研究所伦理审查委员会审查批准。

3 标本收集

于感染前及感染后1~30周,每周采集家犬下肢静脉血和SD大鼠尾部末梢血,分离血清,保存备用。感染前和感染后4~30周,每周收集感染家犬和SD大鼠粪便。感染30周剖杀家犬和SD大鼠,取肺脏,收集并殖吸虫成虫或童虫。

4 抗体检测

采用酶联免疫吸附试验法(ELISA)检测血清中并殖吸虫特异抗体IgM和IgG(试剂盒购自上海抚生实业有限公司,生产批号:A9551767和A9551766),按说明书方法操作。结果判定:临界值=阴性对照A值平均值+0.15,样品A值<临界值为阴性,样品A值>临界值为阳性。

5 并殖吸虫卵检查

粪便中并殖吸虫卵检查采用Kato-Katz法。

6 统计分析

Excel表格中记录、整理试验数据,采用SPSS统计软件对实验组和囊蚴对照组感染动物得虫率进行 χ^2 检验,检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

结 果

1 血清抗体变化

1.1 家犬抗体变化情况 实验组1号和2号家犬在感染后第4周、3号家犬在感染后第5周并殖吸虫IgM抗体阳性,8~11周抗体维持在较高水平,12周后IgM抗体OD值呈下降趋势,第18周转为阴性。实验组2号家犬在感染149 d时死亡。囊蚴对照组4号和5号家犬感染后第4周、6号家犬第3周均检测出IgM抗体阳性,9~16周抗体维持在较高水平,17周开始A值呈下降趋势,第20周第21周抗体转为阴性(图1)。

实验组1号和2号家犬感染后第13周、3号家犬第12周并殖吸虫IgG抗体呈阳性,感染后19~28周抗体维持较高水平,2号家犬感染后149 d时死亡,1号和3号家犬至第30周剖杀时IgG抗体均阳性。囊蚴对照组4号家犬第12周、5和6号家犬第13周IgG抗体阳性,IgG抗体其他变化与实验组相同(图2)。

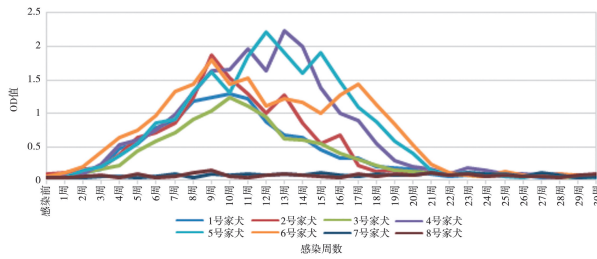


图1 家犬卫氏并殖吸虫 IgM 抗体变化情况
Fig. 1 Changes of IgM of *P. westermani* in dogs

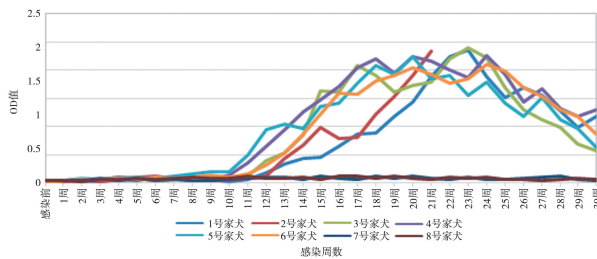


图2 家犬卫氏并殖吸虫 IgG 抗体变化情况
Fig. 2 Changes of IgG of *P. westermani* in dogs

1.2 SD大鼠抗体变化情况 实验组1号大鼠在感染后第2周、2号~4号大鼠第3周 IgM 抗体阳性,5~9周抗体维持在较高水平,感染后第10周开始抗体水平呈下降趋势,1号大鼠13周、2号和3号大鼠14周抗体转为阴性,4号大鼠感染94 d时死亡,死亡时 IgM 抗体仍为阳性。囊蚴对照组5号、7号和8号大鼠第2周 IgM 抗体阳性,6号大鼠第3周抗体阳性,6~13周抗体维持在较高水平;5号大鼠第18周、7号大鼠第19周、8号大鼠第20周抗体转为阴性,6号大鼠第115 d时死亡,死亡时 IgM 抗体为阳性(图3)。

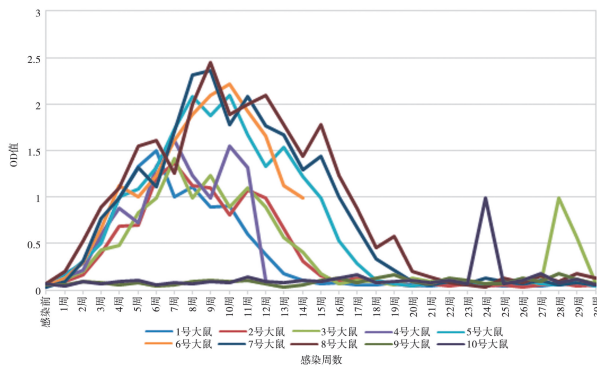


图3 SD大鼠卫氏并殖吸虫 IgM 抗体变化情况
Fig. 3 Changes of IgM of *P. westermani* in SD rats

实验组1号、2号和4号大鼠在感染后第4周,3号大鼠在第5周 IgG 抗体阳性,8~16周 IgG 维持在较高水平,4号大鼠死亡时抗体阳性,实验组其余大鼠至第30周剖杀时 IgG 抗体仍为阳性。囊蚴对照组5号、7号和8号大鼠感染后第4周、6号大鼠第5周 IgG 抗体阳性,9~19周维持在较高水平,6号大鼠死

亡时抗体为阳性,其余对照组大鼠30周剖杀时仍为阳性(图4)。

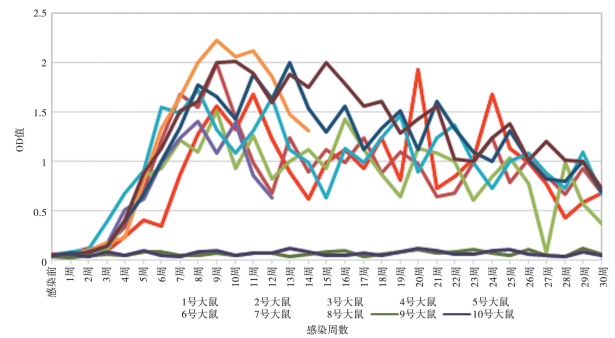


图4 SD大鼠卫氏并殖吸虫 IgG 抗体变化情况
Fig. 4 Changes of IgG of *P. westermani* in SD rats

2 虫卵检出情况

实验组1号和2号犬在感染后16周、3号犬第15周在其粪便中检出并殖吸虫虫卵,囊蚴对照组4号和6号家犬感染后第13周、5号家犬第15周在其粪便中检测到虫卵(图5)。

实验组和囊蚴对照组大鼠粪便中均未检出并殖吸虫卵。

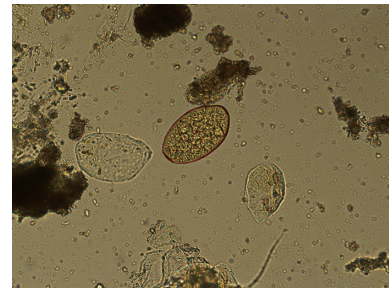


图5 1号家犬粪便中卫氏并殖吸虫虫卵
Fig. 5 Eggs of *P. westermani* in feces of No. 1 dog

3 成虫检出情况

3.1 家犬成虫或童虫检出情况 实验组1~3号犬肺脏中检出并殖吸虫虫囊分别为8、6和11个,检出成虫或童虫数分别为26、17和40条,得虫率分别为13.00%、8.50%和20.00%,总得虫率为13.83%;囊蚴对照组犬肺脏中检出并殖吸虫虫囊分别为21、23和27个,检出成虫或童虫数分别为64、65和81条,得虫率分别为32.00%、32.50%和40.50%,总得虫率为35.0%;实验组和囊蚴对照组家犬总得虫率差异具有统计学意义($\chi^2=72.831, P<0.05$)(图6、7)。

3.2 SD大鼠成虫检测情况 实验组大鼠肌肉中检出并殖吸虫童虫数分别为2、3、5和2条,得虫率分别为6.67%、10.0%、16.6%和6.67%,总得虫率为10.00%;囊蚴对照组大鼠肌肉中检出并殖吸虫童虫数分别为4、3、7和3条,得虫率分别为13.30%、10.00%、23.30%和10.00%,总得虫率为14.2%,实

验组和囊蚴对照组大鼠总得虫率差异无统计学意义($\chi^2=0.981, P>0.05$)。两组大鼠肺脏内均未检出成虫或童虫。



图6 3号家犬肺部卫氏并殖吸虫囊包
Fig. 6 Bursa of *P. westermani* in lung of No. 3 dog

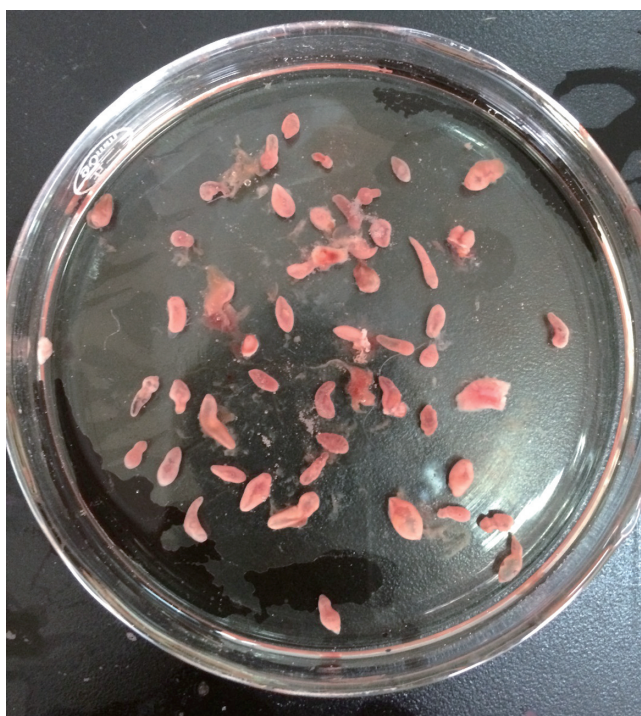


图7 卫氏并殖吸虫成虫
Fig. 7 Adult of *P. westermani*

讨论

自2013年,皖南山区的黄山市开展了并殖吸虫感染现状的相关调查,人群血清学阳性率为12.07%(113/936),其中休宁蓝田阳性率高达22.26%(59/265),血清学阳性率仍处于全国较高的水平^[12]。既往认为并殖吸虫感染人体的发育阶段为囊蚴,人主要因生食或半生食含有囊蚴的溪蟹或蝲蛄而感染。并殖吸虫易感因素调查发现,血清学阳性者中食用溪蟹者很

少,而饮用生水者占阳性者的70%以上^[13]。此外,实验研究表明并殖吸虫尾蚴可在无中间宿主的条件下自行形成囊蚴^[14]。基于以上调查和实验基础开展了尾蚴经口直接感染家犬和SD大鼠的研究,以了解皖南山区小品系卫氏并殖吸虫的是否存在新的感染传播途径。

家犬是卫氏并殖吸虫适宜宿主,囊蚴感染后可在其体内发育为成虫并产卵。本实验发现尾蚴直接经口感染家犬后其体内并殖吸虫IgM和IgG抗体变化与囊蚴对照组家犬体内抗体变化规律基本一致,仅抗体OD值略小,与其他类型卫氏并殖吸虫囊蚴感染家犬的研究结果一致^[15-20]。实验组和囊蚴对照组家犬的粪便中均检出并殖吸虫虫卵,仅检出时间略有差别。两组家犬肺脏中都检出并殖吸虫虫囊和虫体,但虫体检出率存在统计学差异。

大鼠是卫氏并殖吸虫的非适宜宿主,囊蚴感染后虫体主要以处于滞育状态的童虫在肌肉间游窜。本实验结果显示,尾蚴经口感染SD大鼠后,其体内IgM和IgG抗体出现时间与囊蚴对照组基本相同,但IgM抗体存在时间及IgG抗体OD值高水平维持时间较短,与其他类型卫氏并殖吸虫囊蚴感染大鼠的实验结果一致^[21-25]。实验组和囊蚴对照组大鼠肺脏内均未检出并殖吸虫虫体,而在其肌肉中检出童虫,且两组检出虫体数量差异无统计学意义。

虽然流行于皖南山区的卫氏并殖吸虫与福建、浙江、广东等地并殖吸虫虫种类型不同^[26-31],但尾蚴经口感染家犬和大鼠后血清中并殖吸虫IgM和IgG抗体呈现出和囊蚴对照组动物血清中抗体较为一致的变化,家犬粪便中检测虫卵,家犬肺脏和大鼠肌肉中检测虫体,证实该流行区的卫氏并殖吸虫尾蚴可直接引起实验动物的感染。提示在皖南山区饮用生水感染并殖吸虫可能是吞食了尾蚴所致,可为当地居民并殖吸虫感染新途径的探索和防治措施的制定提供参考。

【参考文献】

- [1] 诸欣平,苏川. 人体寄生虫学[M]. 北京:人民卫生出版社,2020:102-106.
- [2] 何毅勋,黄德生,胡亚青,等. 皖南两种卫氏并殖吸虫品系特征的比较[J]. 中国医学科学院学报,1981,3(2):89-94.
- [3] 柳建发,张劭楠,蒋雯雯. 卫氏并殖吸虫二、三倍体型的比较研究[J]. 中国人兽共患病学报,2013,29(2):191-194.
- [4] 戴婷婷,周本江,世淑兰,等. 云南省中西部两地并殖吸虫的种类与第二中间宿主调查[J]. 中国病原生物学杂志,2013,8(6):544-546.
- [5] 杨荣笙,操治国,李启杨,等. 皖南山区并殖吸虫感染流行病学调查[J]. 中国病原生物学杂志,2021,16(9):1060-1063.
- [6] 董小蓉,张华勋,曹慕民,等. 湖北省西部地区并殖吸虫病流行现状调查[J]. 中国血吸虫病防治杂志,2017,29(5):579-582.
- [7] 陈琳,陆定,徐亮,等. 2011-2013年四川省并殖吸虫病固定监测

- 结果分析[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2015, 27(4): 381-385
- [8] 刘道华, 汪天平, 郭见多, 等. 皖南山区学生并殖吸虫感染现状调查分析[J]. 热带病与寄生虫学, 2014, 12(4): 230-233.
- [9] 章乐生, 李婷婷, 张世清, 等. 安徽省休宁县并殖吸虫感染情况调查[J]. 热带病与寄生虫学, 2021, 19(6): 325-328.
- [10] 王承全, 杨绍金, 潘会明, 等. 饮水水感染肺吸虫病的实验研究[J]. 中国预防医学杂志, 2008, 9(7): 675-676.
- [11] 李友松, 林金祥, 程由注. 并殖吸虫尾蚴人工感染家狗的实验观察[J]. 中国人兽共患病杂志, 1986, 04: 31-33.
- [12] 刘道华, 郭见多, 汪天平, 等. 2013~2016年安徽省并殖吸虫病监测结果分析[J]. 热带病与寄生虫学, 2017, 15(3): 155-158.
- [13] 刘道华, 郭见多, 章乐生, 等. 安徽石台肺吸虫感染情况调查[J]. 热带病与寄生虫学, 2019, 17(2): 94-96.
- [14] 林宇光. 斯氏并殖吸虫的生活史及其地理分布研究[J]. 武夷科学, 1981, 1: 95-112.
- [15] 陈韶红, 周晓农, 张永年, 等. 卫氏并殖吸虫感染犬循环抗原和特异性抗体的动态观察[J]. 中国兽医寄生虫病, 2007, 15(5): 11-14.
- [16] 胡文英, 保陶, 保和珍. 卫氏并殖吸虫实验感染家犬的观察[J]. 南通医学院学报, 1987, 7(3): 15-17.
- [17] 高劲松, 刘约翰, 王小根, 等. 大剂量吡喹酮治疗家犬卫氏并殖吸虫感染的实验观察[J]. 中国人兽共患病杂志, 1997, 13(3): 61-62.
- [18] 朱金昌, 陈国荣, 刘明达. 家犬卫氏并殖吸虫病伴随免疫的研究[J]. 温州医学院学报, 1993, 3(1): 129-131.
- [19] 章乐生, 王旗, 李清越, 等. 不同动物宿主感染卫氏并殖吸虫后的抗体动态变化[J]. 热带病与寄生虫学, 2019, 17(2): 63-65.
- [20] 冯笑川, 沈一平, 蔡士椿. 感染卫氏并殖吸虫的犬和大白鼠循环抗原动态观察[J]. 上海免疫学杂志, 1989, 9(5): 267-269.
- [21] 蒋作君, 沈一平, 赵慰先. 卫氏并殖吸虫囊蚴-童虫特异血清学抗原及其单克隆抗体的研究[J]. 中国人兽共患病杂志, 1991, 7(3): 11-13.
- [22] 赵凤梧, 张德才, 于吉安, 等. 并殖吸虫尾蚴直接感染动物的实验研究[J]. 中国寄生虫病防治杂志, 1989, 2(2): 93-96.
- [23] 章子豪, 沈一平, 吴观陵, 等. 犬和大鼠感染卫氏并殖吸虫后的抗体反应动态[J]. 上海免疫学杂志[J]. 1982, 2(4): 6-10.
- [24] 胡文庆, 刘登宇. 卫氏并殖吸虫(二倍体)在大鼠体内发育的观察[J]. 广西医科大学学报, 2002, 19(1): 54-56.
- [25] 严涛, 李国良. 卫氏并殖吸虫童虫的生物学特性[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 1999, 17(6): 370-373.
- [26] 李友松, 林金祥, 张子伯, 等. 福建省两型并殖吸虫混合感染的调查研究[J]. 中华传染病杂志, 1987, 5(4): 221-224
- [27] 陆予云, 刘巧, 唐高兴, 等. 广东省部分地区卫氏并殖吸虫分布与DNA序列分析[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2013, 25(3): 275-283.
- [28] 胡坤敏, 陈韶红, 艾琳, 等. 豫皖闽浙4省溪蟹并殖吸虫囊蚴核糖体ITS2和线粒体CO1基因序列分析[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病学, 2020, 38(1): 87-93.
- [29] 钱宝珍, 沈琦. 卫氏并殖吸虫致病品系PCR-RAPD分子标记的初步研究[J]. 中国人兽共患病学报, 2006, 22(3): 249-251.
- [30] 樊培方, 陈黛霞, 张子和, 等. 安徽南部卫氏并殖吸虫囊蚴和成虫研究[J]. 动物学报, 1979, 25(4): 347-352.
- [31] 程由注, 程娇英, 林爱琴, 等. 卫氏并殖吸虫二倍体型子雷蚴、尾蚴活体形态观察[J]. 实用寄生虫病杂志, 1995, 3(1): 41.

【收稿日期】 2022-10-20 【修回日期】 2023-01-16

(上接 415 页)

【参考文献】

- [1] 付晓莹, 冯永杰, 梁宏德, 等. 中国弓形虫分离株基因型及致病性的研究进展[J]. 中国人兽共患病学报, 2015, 31(7): 669-673.
- [2] Hegab SM and HL-Mutawa SA. Immunopathogenesis of toxoplasmosis [J]. Clin Exp Med, 2003, 3(2): 84-105.
- [3] Rorman E, Iamir CS, Rilkis I, et al. Congenital toxoplasmosis-prenatal aspects of *Toxoplasma gondii* infection [J]. Reprod Toxicol, 2006, 21(4): 458-472.
- [4] Hughes HP. Toxoplasmosis: the need for improved diagnostic techniques and accurate risk assessment [J]. Current Top Microbiol Immunol, 1985, 120(2): 105-139.
- [5] Alexandre J, Jebbari H, Biethmann H, et al. Immunological control of *Toxoplasma gondii* and appropriate vaccine design [J]. Curr Top Microbiol Immunol, 1996, 219(11): 188-190.
- [6] 李俊华, 吴少庭, 翁亚彪, 等. 弓形虫疫苗及其保护性研究现状[J]. 中国病原生物学杂志, 2006, 1(1): 58-61.
- [7] 杨雯, 田春林, 朱穗京, 等. 弓形虫表面抗原SAG1基因的克隆表达、纯化及鉴定[J]. 广西医科大学学报, 2010, 27(2): 205-208.
- [8] Henriquez FL, Woods S, Cong H, et al. Immunogenetics of *Toxoplasma gondii* informs vaccine design[J]. Trend Parasitol, 2010, 26(11): 550-555.
- [9] El Hajj H, Lebrun M, Fourmaux MN, et al. Inverted topology of the *Toxoplasma gondii* ROP5 protein provides new insights into the association Of the ROP2 protein family with the parasitophorous vacuole membrane [J]. Cell Microbiol, 2007, 9(1): 54-64.
- [10] Yamada H, Tairaku S, Morioka I, et al. Nationwide survey of mother-to-child infections in Japan[J]. Infect Chemother, 2014, 11(14): 387-400.
- [11] Anradha B, Preethi C. Seroprevalence of *Toxoplasma* IgG antibodies in HIV positive patients in and around Khammam, Telangana State[J]. J Clin Diagn Res, 2014, 8(9): DL01-2.
- [12] 何勇, 周鹏, 尹创成, 等. 弓形虫主要表面抗原的研究进展[J]. 畜牧与兽医, 2010, 42(5): 95-98.

【收稿日期】 2022-10-26 【修回日期】 2023-01-08