

我国常见蜱的生物学特性及其传播疾病研究进展

张臣臣 张仪*

【摘要】 蜱是以吸食动物血液为生的寄生生物，可以传播多种病原体，引起宿主患病。我国蜱种多样，分布广泛，多种蜱具有医学重要性。现就我国常见蜱种的生物学特性及其可传播疾病作一综述。

【关键词】 蜱；生物学特性；全沟硬蜱；长角血蜱；血红扇头蜱

Research progress on biological characteristics of common tick species and tick-borne diseases in China

Zhang Chenchen, Zhang Yi*. National Institute of Parasitic Diseases, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Key Laboratory of Parasite and Vector Biology, Ministry of Health, WHO Collaborating Center for Malaria, Schistosomiasis and Filariasis, Shanghai 200025, China

*Corresponding author: Zhang Yi, Email: zhang1972003@163.com

Supported by Special Fund for Health Research in Public Interest (201202019), National Science and Technology Major Program (2012ZX10004220)

【Abstract】 Ticks, which could transmit numbers of pathogens leading to hosts' diseases, are kind of parasites living on sucking blood from animals. The species of ticks are diverse and widely distributed in China, and many of them are of medical importance. The paper reviewed the biological characteristics of common tick species and tick-borne diseases in our country.

【Key words】 Tick; Biological characteristics; *Ixodes persulcatus*; *Haemaphysalis longicornis*; *Rhipicephalus sanguineus*

蜱，又称草爬子、蜱虫，隶属于蛛形纲蜱螨亚纲蜱总科，是一种外寄生生物。

蜱以吸食动物的血液为生，对人和牲畜造成较大损害。蜱吸血不仅导致宿主血液损失，伤口处产生炎症反应等，同时也可传播多种疾病。蜱传病原体包括真菌、病毒、螺旋体、立克次体和寄生虫等，可导致莱姆病、森林脑炎、埃立克体病、斑疹伤寒和巴贝虫病等数十种疾病^[1]。

我国地域辽阔，不同地区环境存在差异，而蜱的种类较多样，分布范围广泛。我国目前最新的蜱类名录包含硬蜱科 7 属 104 种和软蜱科 3 属 13 种^[2]，其中约 30 种具有医学重要性。对东北三省自然界蜱类调查的结果显示，全沟硬蜱是当地优势蜱种^[3]，并且是莱姆病的传播媒介。长角血蜱和血红扇头蜱

则是常见种类，几乎遍布全国^[4]。现就这 3 种常见蜱的生物学特性及可传播的疾病研究进展进行综述，为蜱传疾病的防治提供参考。

1 全沟硬蜱

1.1 生物学特性

全沟硬蜱 (*Ixodes persulcatus*) 属于硬蜱科硬蜱属，分布在古北界的黑吉辽冀陕新等北部省区^[4]，是原始林区的优势蜱种。全沟硬蜱在自然界的生活周期较长，完成一代平均需要 3.83 年^[5]。在自然界中 5 月开始活动，6 月为密集高峰期，7 月末基本消失。在实验室控制温度和湿度的条件下，完成一个生活史过程需要约 200 d^[6]。

Romashchenko 等^[7]研究全沟硬蜱对一些嗅觉刺激物的行为和电生理反应的实验发现，信息素可以吸引蜱并激活负向的食管前神经总潜在位移，而其对信息素的反应与对水的反应无差别。避蚊胺和 96% 的乙醇则是全沟硬蜱的驱避剂，一般激活正向位移。实验还研究了全沟硬蜱在 75° 倾斜的玻璃棒上的探寻高度与携带伯氏疏螺旋体的关系，结果显示：探寻高度较高的蜱体内螺旋体的阳性率显著高

DOI: 10.3760/ema.j.issn.1673-4122.2015.03.015

基金项目：卫生行业科研专项 (201202019)；国家重大科技专项 (2012ZX10004220)

作者单位：200025 上海，中国疾病预防控制中心寄生虫病预防控制所，卫生部寄生虫病原与媒介生物学重点实验室，世界卫生组织疟疾、血吸虫病和丝虫病合作中心

* 通信作者：张仪，Email: zhang1972003@163.com

于低探索高度的蜱，提示蜱体内病原体也可能影响其生物学特性。

Ali 等^[8]指出金属蛋白酶是蜱吸血过程中控制宿主抗性、支持蜱吸血的功能成分，半定量和实时 PCR 揭示了在半饱血和饱血雌蜱涎腺内金属蛋白酶有表达，而除 BrRm-MP4 外其他酶在雄蜱和卵中都无表达。

1.2 传播疾病

全沟硬蜱的宿主范围广，包括家养或野生的有蹄类动物、人、犬、兔和其他小型哺乳动物。目前，已在采集的全沟硬蜱体内检出伯氏疏螺旋体、森林脑炎病毒、粒细胞埃立克体、嗜吞噬细胞无形体和巴尔通体等多种病原体，且存在两种或多种病原体共感染现象^[9]。由螺旋体引起的莱姆病和森林脑炎病毒引起的蜱传森林脑炎是最常见的蜱传疾病。

1.2.1 莱姆病

莱姆病是一种侵犯机体多器官和系统，可导致神经系统症状和关节损害，表现为慢性炎症性损害的全身性疾病。最早在 1975 年于美国的 Lyme 镇发现，艾承绪^[10]于 1986 年在我国黑龙江海林县发现莱姆病，并分离出伯氏疏螺旋体。

杜勇等^[11]首次证实全沟硬蜱可经卵传递伯氏疏螺旋体，2 只卵巢感染螺旋体的雌蜱的子代感染率分别为 59% 和 29%。Nakao 等^[12]用全沟硬蜱和卵形硬蜱的幼蜱叮咬感染了莱姆病螺旋体的沙鼠，可获得阳性的幼蜱，待孵化出若蜱后可在全沟若蜱中检出莱姆病螺旋体，而卵形硬蜱中不能检出。孙毅等^[13]的研究证实全沟硬蜱幼蜱攻击感染莱姆病螺旋体的 KM 鼠后，可获得 97.5% 的阳性幼蜱，蜕皮后 45.0% 的若蜱仍携带莱姆病螺旋体，并可通过叮咬感染敏感的 KM 鼠。

研究发现全沟硬蜱的涎腺蛋白可以抑制宿主的中性粒细胞。通过腹腔注射及蜱虫叮咬对莱姆病螺旋体敏感的 C3H 小鼠，使用全沟硬蜱的涎腺蛋白 Salp15 免疫的小鼠组体内莱姆病螺旋体载量显著低于非免疫组小鼠，初步展示了 Salp15 抗体对莱姆病螺旋体感染和传播的阻断作用^[14]。

1.2.2 森林脑炎

森林脑炎又称蜱传脑炎，是由森林脑炎病毒引起的中枢神经系统急性传染病。1934 年在苏联林

区发现本病，我国于 1942 在黑龙江发现森林脑炎病例，在多个地区从全沟硬蜱中分离出森林脑炎病毒。张桂林等^[15]对新疆北部地区的流行病学调查结果显示：该地区存在蜱传脑炎疫源地，健康人群中病毒 IgG 血清阳性率为 35.4%，病毒流行株为远东型，全沟硬蜱是当地的优势蜱种（87.5%），且是病毒传播的重要媒介。

研究表明，森林脑炎病毒可以在全沟硬蜱体内经期传播和经卵传递^[16]，因此蜱是重要的媒介也是储存宿主。森林脑炎病例的发生与季节密切相关，蜱的活动性增加，发病数也随之上升。Tokarevich 等^[17]研究发现，俄罗斯阿尔汉格尔斯克地区蜱传脑炎发病率在过去的 10 年相比 1980—1989 年升高了 50 倍，年平均温度和蜱活动季的平均温度的升高可能导致了全沟硬蜱向北扩张，数学模型分析也表明，1990—2009 年间蜱传脑炎的发病率和年平均温度的升高显著相关。

Mikriukova 等^[18]测定了全沟硬蜱体内森林脑炎病毒阳性的病毒基因组的多样性。对 16 株 TBEV 病毒的基因组 5' 端非编码区的序列分析显示，13 株属于远东型，3 株属西伯利亚型，在所有检测样本中都可见 A1 元件的变异。通过对 5' 端非编码区构象进行计算机模拟，所得数据也证实了森林脑炎病毒基因组 5' 端非编码区的变异性是病毒在不同宿主体内进行有效复制的关键。

2 长角血蜱

2.1 生物学特性

长角血蜱 (*Haemaphysalis longicornis*) 隶属于硬蜱科血蜱属，在我国广泛分布于 17 个省^[19]。长角血蜱存在两种生殖方式——两性生殖和孤雌生殖，我国已在上海、四川和甘肃发现孤雌生殖株^[20]。虽然孤雌生殖株和两性生殖株的长角血蜱群体许多观察结果相似，但也存在重要的差异。孤雌生殖个体比两性生殖个体大，孤雌生殖卵孵化的比例 69% 低于两性生殖株的 73%，而孤雌株的繁殖周期稍长于两性株。16S rDNA 序列分析结果表明，孤雌株和两性株之间的关系比亚种间更近，但比同属的种群远^[21]。

Tsukada 等^[22]用广义线性混合模型分析长角血蜱的常见宿主梅花鹿的密度及其他生物和非生物因素与长角血蜱密度的关系。结果发现成蜱和若蜱与鹿的密度及生物非生物因素相关，幼蜱与鹿的密度无关。这表明鹿及生物非生物因素通过放大局部地

区长角血蜱的若蜱及成蜱数量增加了蜱传疾病的风险。一项实验研究发现用长角血蜱叮咬注射了阿维菌素的兔子时,若蜱和雌蜱重量明显减轻,若蜱蜕皮率降低,雌蜱卵巢发育受到抑制,提示阿维菌素可以用于控制长角血蜱^[23]。

2.2 传播疾病

长角血蜱可以携带斑点热立克次体、犬吉氏巴贝虫、牛卵圆巴贝虫、瑟氏泰勒虫等多种病原体。

巴贝虫病是由红细胞内寄生的巴贝虫属原虫引起的一种疾病,临床症状与疟疾相似,表现为发热、溶血、血红蛋白尿等,严重者可致死亡。人感染巴贝虫病最早在 1957 年发现,我国浙江和云南等地区也有田鼠巴贝虫感染的病例报道^[24]。

Ikadai 等^[25]将马巴贝虫注射到饱血的长角成蜱和若蜱的中肠内,巢式 PCR 检测可在成蜱、卵和幼蜱体内发现马巴贝虫,说明马巴贝虫可能在长角体内经卵和经期传递。Guan 等^[26]发现长角血蜱和青海血蜱的成蜱可以保持羊巴贝虫至幼虫和若虫阶段,用蜕皮后的蜱叮咬羊时,一月后可在羊的血中检出巴贝虫。

Galay 等^[27]用长角血蜱抗菌肽的合成类似物进行体外实验,发现其可以降低双芽巴贝虫的虫血症。Maeda 等^[28]发现将牛巴贝虫注射到雌性长角血蜱成蜱体内后可上调长角血蜱亲环素 A 基因的表达,而体外实验时亲环素 A 可以明显抑制牛巴贝虫和双芽巴贝虫的生长,提示亲环素 A 在调节长角血蜱体内的巴贝虫的生长过程中起到重要作用,可能作为抗巴贝虫病的候选分子。

3 血红扇头蜱

3.1 生物学特性

血红扇头蜱 (*Rhipicephalus sanguineus*) 属于硬蜱科扇头蜱属,自然条件下血红扇头蜱完成其生活史周期需要 116.2 d,实验室条件下需要 101.4 d^[29]。Dantas 等^[30]发现实验室中各时期血红扇头蜱的寿命比自然环境下长。饥饿和越冬条件下成蜱的生殖适度并不受影响,成蜱能够正常吸血产卵孵出幼蜱。Yoder 等^[31]报道了血红扇头蜱的排泄物和主要成分鸟嘌呤是其聚集的信息素,蜱对不同浓度的鸟嘌呤的反应不存在剂量反应关系。血红扇头蜱集聚速度和密度在相对湿度 33% 时较高,提示雌性成蜱倾向干燥的微生境,清除人类居住环境中蜱的排泄物可以作为阻止蜱寄生的一种手段。

Adejinmi 等^[32]研究了血红扇头蜱的产卵过程,发现第 1 天和第 2 天的卵长度和宽度都大于后期的卵,孵化周期长于后期,早期卵的死亡率为 9.6%,显著低于第 11 天的 70.3%,说明早期产的卵比后期的卵活性更强。Dantas 等^[33]发现将血红扇头蜱的卵暴露于 8 °C 下,卵不能孵化,低温暴露与卵的孵育期呈正相关,与孵化率呈负相关,与幼蜱的寿命呈负相关。

3.2 传播疾病

血红扇头蜱的主要宿主是犬,也可寄生在包括人在内的其它宿主。它能够传播多种病原体,包括犬埃立克体、犬肝簇虫、无形体和康氏立克次体及立氏立克次体等^[34]。Bremer 等^[35]研究发现血红扇头蜱可以经卵和经期传播犬埃立克体。

埃立克体病是由埃立克体感染引起的人兽共患病,主要表现为发热、血小板和白细胞减少,1987 年首次报道人单核细胞埃立克体病。Fourie 等^[36]用血红扇头蜱若蜱叮咬感染了犬埃立克体的犬,蜕皮后的成蜱感染率在 12% 至 19%。用这些成蜱叮咬 30 只犬,按叮咬时间长短分为不同组,结果有 7 只犬埃立克体抗体和 DNA 检测阳性,其中 6 只有发热和血小板减少症状。Stoffel 等^[37]用查菲埃立克体感染犬,尽管在犬的周围血中不经常检测到病原体,但用血红扇头蜱叮咬犬时可在蜱中检测到,即使在犬被感染 566 d 后收获的饱血蜱仍可获得埃立克体。Fourie 等^[38]用吡虫啉和拜宠爽处理实验组的犬,未处理组作对照,用感染了犬埃立克体的蜱叮咬两组犬,结果对照组 6 只犬有 4 只感染了埃立克体,实验组无感染,说明用药物可以预防犬发生埃立克体病。

4 展望

蜱在自然界中广泛存在,并可传播多种病原体,引起家畜和人的疾病,危害人类的健康并造成重大经济损失,是重要的媒介生物。蜱传疾病的种类多样,莱姆病、森林脑炎等出现的时间较长,其致病机制、流行现状、防治措施已得到初步阐明;对一些新发蜱传疾病,如发热伴血小板减少综合征、人巴贝虫病等还未有明确认识,其流行情况、分布特征、媒介蜱的感染现状、蜱在疾病传播过程中起到的作用还不清楚,有待进一步研究探索。在全球气候变化的条件下,蜱的栖息环境和生物学特性也发生变化,原有蜱传疾病的分布特征可能发生

改变,疾病的自然疫源地以外可能会有新的病例出现,这也是需要注意和有待研究的问题。

参 考 文 献

- [1] 张西臣, 李建华. 动物寄生虫病学[M]. 3 版. 北京: 科学出版社, 2010: 308.
- [2] 陈泽. 中国蜱类的系统分类及两种硬蜱的生物学特性分析[D]: 河北师范大学, 2010.
- [3] 刘国平, 任清明, 贺顺喜, 等. 我国东北三省蜱类的分布及医学重要性[J]. 中华卫生杀虫药械, 2008, 14(1): 39-42.
- [4] 陈泽, 杨晓军, 杨晓红, 等. 中国蜱类地理分布及区系分析[J]. 四川动物, 2008, 27(5): 820-823.
- [5] Korotkov I. Life cycle of the taiga tick *Ixodes persulcatus* in taiga forests of the eastern Sayan Plateau[J]. Parazitologiya, 2014, 48(1): 20-36.
- [6] 杜勇, 吴晓明, 唐士元. 全沟硬蜱生活周期的实验观察[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 1993, 4(5): 348-349.
- [7] Romashchenko AV, Ratushnyak AS, Zapara TA, et al. The correlation between tick (*Ixodes persulcatus* Sch.) questing behaviour and synganglion neuronal responses to odours[J]. J Insect Physiol, 2012, 58(7): 903-910.
- [8] Ali A, Tirloni L, Isezaki M, et al. Reprolysin metalloproteases from *Ixodes persulcatus*, *Rhipicephalus sanguineus* and *Rhipicephalus microplus* ticks[J]. Exp Appl Acarol, 2014, 63(4): 559-578.
- [9] Eremeeva ME, Oliveira A, Moriarity J, et al. Detection and identification of bacterial agents in *Ixodes persulcatus* Schulze ticks from the north western region of Russia[J]. Vector Borne Zoonotic Dis, 2007, 7(3): 426-436.
- [10] 艾承绪, 温玉欣, 张永国. 莱姆病在我国的首次报告[J]. 山东医科大学学报, 1987, 25(2): 1-4.
- [11] 杜勇, 唐士元, 吴晓明, 等. 伯氏疏螺旋体在全沟硬蜱体内的分布与经卵传递[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 1990, 1(6): 367-369.
- [12] Nakao M, Miyamoto K. Susceptibility of *Ixodes persulcatus* and *I. ovatus* (Acari: Ixodidae) to Lyme disease spirochetes isolated from humans in Japan[J]. J Med Entomol, 1994, 31(3): 467-473.
- [13] 孙毅, 许荣满, 郭天宇, 等. 全沟硬蜱经期传播莱姆病螺旋体的研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2002, 13(2): 89-92.
- [14] 王欣. 涎腺分泌蛋白 Salp15 对全沟硬蜱传播莱姆病螺旋体效能的影响[D]: 安徽医科大学, 2013.
- [15] 张桂林, 刘然, 孙响, 等. 新疆夏尔希里自然保护区蜱传脑炎疫源地调查[J]. 中华流行病学杂志, 2013, 34(5): 438-442.
- [16] Suss J. Epidemiology and ecology of TBE relevant to the production of effective vaccines[J]. Vaccine, 2003, 21 Suppl 1: S19-35.
- [17] Tokarevich NK, Tronin AA, Blinova OV, et al. The impact of climate change on the expansion of *Ixodes persulcatus* habitat and the incidence of tick-borne encephalitis in the north of European Russia[J]. Glob Health Action, 2011, 4: 8448.
- [18] Mikriukova TP, Chausov EV, Konovalova SN, et al. Genetic diversity of the tick-borne encephalitis virus in *Ixodes persulcatus* ticks in northeastern European Russia[J]. Parazitologiya, 2014, 48(2): 131-149.
- [19] 颜忠诚, 李春林. 长角血蜱产卵的研究[J]. 首都师范大学学报(自然科学版), 2000, 21(1): 51-55.
- [20] 李知新, 刘光远, 田占成, 等. 实验室条件下长角血蜱甘肃株孤雌生殖种群的生物学特性[J]. 中国兽医科学, 2007, 37(4): 277-281.
- [21] Chen Z, Yang X, Bu F, et al. Morphological, biological and molecular characteristics of bisexual and parthenogenetic *Haemaphysalis longicornis*[J]. Vet Parasitol, 2012, 189(2-4): 344-352.
- [22] Tsukada H, Nakamura Y, Kamio T, et al. Higher sika deer density is associated with higher local abundance of *Haemaphysalis longicornis* nymphs and adults but not larvae in central Japan[J]. Bull Entomol Res, 2014, 104(1): 19-28.
- [23] Doan HT, Noh JH, Kim YH, et al. The efficacy of avermectins (ivermectin, doramectin and abamectin) as treatments for infestation with the tick *Haemaphysalis longicornis* on rabbits in Korea[J]. Vet Parasitol, 2013, 198(3-4): 406-409.
- [24] 蒋明, 张仪. 人巴贝虫病研究进展[J]. 国际医学寄生虫病杂志, 2014, 41(2): 94-98,104.
- [25] Ikadai H, Sasaki M, Ishida H, et al. Molecular evidence of Babesia equi transmission in *Haemaphysalis longicornis*[J]. Am J Trop Med Hyg, 2007, 76(4): 694-697.
- [26] Guan G, Moreau E, Liu J, et al. Babesia sp. BQ1 (Lintan): molecular evidence of experimental transmission to sheep by *Haemaphysalis qinghaiensis* and *Haemaphysalis longicornis*[J]. Parasitol Int, 2010, 59(2): 265-267.
- [27] Galay RL, Maeda H, Aung KM, et al. Anti-babesial activity of a potent peptide fragment derived from longicin of *Haemaphysalis longicornis*[J]. Trop Anim Health Prod, 2012, 44(2): 343-348.
- [28] Maeda H, Boldbaatar D, Kusakisako K, et al. Inhibitory effect of cyclophilin A from the hard tick *Haemaphysalis longicornis* on the growth of *Babesia bovis* and *Babesia bigemina*[J]. Parasitol Res, 2013, 112(6): 2207-2213.
- [29] Dantas-Torres F, Figueredo LA, Otranto D. Seasonal variation in the effect of climate on the biology of *Rhipicephalus sanguineus* in southern Europe[J]. Parasitology, 2011, 138(4): 527-536.
- [30] Dantas-Torres F, Giannelli A, Otranto D. Starvation and overwinter do not affect the reproductive fitness of *Rhipicephalus sanguineus*[J]. Vet Parasitol, 2012, 185(2-4): 260-264.
- [31] Yoder JA, Jajack AJ, Hedges BZ, et al. Off-host aggregation in the non-fed, female brown dog tick, *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille), is induced by tick excreta and enhanced by low relative humidity[J]. Med Vet Entomol, 2013, 27(2): 209-215.
- [32] Adejinmi JO, Akinboade OA. Sizes and developmental viability of sequentially oviposited eggs of dog ticks: *Rhipicephalus sanguineus* and *Haemaphysalis leachi leachi*[J]. Afr J Med Med Sci, 2012, 41 Suppl: 55-60.
- [33] Dantas-Torres F, Giannelli A, Figueredo LA, et al. Effects of prolonged exposure to low temperature on eggs of the brown dog tick, *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806)(Acari: Ixodidae)[J]. Vet Parasitol, 2010, 171(3-4): 327-330.
- [34] Dantas-Torres F. The brown dog tick, *Rhipicephalus sanguineus*

- (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae): from taxonomy to control [J]. Vet Parasitol, 2008, 152 (3-4): 173-185.
- [35] Bremer WG, Schaefer JJ, Wagner ER, et al. Transstadial and intrastadial experimental transmission of *Ehrlichia canis* by male *Rhipicephalus sanguineus* [J]. Vet Parasitol, 2005, 131 (1-2): 95-105.
- [36] Fourie JJ, Stanneck D, Luus HG, et al. Transmission of *Ehrlichia canis* by *Rhipicephalus sanguineus* ticks feeding on dogs and on artificial membranes [J]. Vet Parasitol, 2013, 197(3-4): 595-603.
- [37] Stoffel RT, McClure JC, Butcher MM, et al. Experimental infection of *Rhipicephalus sanguineus* with *Ehrlichia chaffeensis* [J]. Vet Microbiol, 2014, 172(1-2): 334-338.
- [38] Fourie JJ, Luus HG, Stanneck D, et al. The efficacy of advantix(R) to prevent transmission of *Ehrlichia canis* to dogs by *Rhipicephalus sanguineus* ticks [J]. Parasite, 2013, 20: 36.

(收稿日期: 2015-01-30)

(本文编辑: 孙雅雯, 陈勤)

(上接第 183 页)

- [33] 周云, 夏登华, 曾光兴, 等. 江宁县江滩 C-6 膜疫水测定现场观察 [J]. 中国寄生虫病防治杂志, 1999, 12(1): 19.
- [34] 谢木生, 厉素勤, 赵正元, 等. 洞庭湖区危险水位及退水期血吸水体感染性研究 [J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2001, 13(5): 289-291.
- [35] 刘榆华, 寸煜全, 孙海英, 等. C-6 膜粘蚴法现场检测血吸虫疫水的效果观察 [J]. 中国血吸虫病防治杂志, 1997, 9(5): 311.
- [36] Kloos H, Gardiner CH, Selim A, et al. Laboratory and field evaluation of a direct filtration technique for recovery of *schistosome* cercariae [J]. Am J Trop Med Hyg, 1982, 31(1): 122-127.
- [37] Klock JW. A method for the direct quantitative recovery of *Schistosoma mansoni* cercariae from natural waters of Puerto Rico [J]. Bull World Health Organ. 1961, 25:738-740
- [38] 陈晓光, 李华. 便携式血吸虫尾蚴浓集器 [P]. 中国: CN02249347.6, 2002-11-08.
- [39] 高艳春, 范玉兰, 郭维, 等. 血吸虫尾蚴富集装置的设计及采集实验研究 [J]. 中国热带医学, 2008, 8(2): 183-185.
- [40] Lawson JR, Wilson RA. The survival of the cercariae of *Schistosoma mansoni* in relation to water temperature and glycogen utilization [J]. Parasitology, 1980, 81(2): 337-348.
- [41] Cabaret J, Bayssade-Dufour C, Albaret JL, et al. A technique for identification of cercariae of *Schistosoma haematobium*, *S. curassoni*, *S. bovis* and *S. intercalatum* [J]. Ann Parasitol Hum Comp, 1990, 65(2): 61-63.
- [42] Chau NP, Combes C, Touassem R, et al. A simple computer-assisted method to identify *schistosome* cercariae [J]. Am J Trop Med Hyg, 1996, 54(1): 27-31.
- [43] 王凤鹏, 李亿保, 谢应茂, 等. 同轴数字全息用于血吸虫尾蚴检测研究 [J]. 光子学报, 2012, 41(4): 466-471.
- [44] 易云, 汪廷华. 基于特征加权支持向量机的血吸虫尾蚴识别算法设计与应用 [J]. 赣南师范学院学报, 2012, 33(3): 37-40.
- [45] 陈宇环, 钟剑, 谢亦才. 基于形状上下文的血吸虫尾蚴图像识别 [J]. 赣南师范学院学报, 2011, 32(6): 62-65.
- [46] 艾晶, 俞中华. 基于 Canny 算子的血吸虫尾蚴检测 [J]. 科技广场, 2012, (9): 28-31.
- [47] 阳桂芬, 付慧岸. 日本血吸虫尾蚴生态及查灭蚴的研究——国内文献综述 [J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2008, 20(2): 152-155.
- [48] 高艳春, 郑绿茵, 范玉兰, 等. 日本血吸虫尾蚴生物学及其现场检测方法 [J]. 中国地方病学杂志, 2012, 31(6): 697-699.
- [49] 吴锋, 黄铁昕. 疫水测定在血吸虫病预测预警中的应用 [J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2010, 22(5): 500-503.
- [50] 郝阳, 郑浩, 朱蓉, 等. 2008 年全国血吸虫病疫情通报 [J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2009, 21(6): 451-456, 封 453.
- [51] 郝阳, 郑浩, 朱蓉, 等. 2009 年全国血吸虫病疫情通报 [J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2010, 22(6): 521-527.
- [52] 雷正龙, 郑浩, 张利娟, 等. 2010 年全国血吸虫病疫情通报 [J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2011, 23(6): 599-604.
- [53] 郑浩, 张利娟, 朱蓉, 等. 2011 年全国血吸虫病疫情通报 [J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2012, 24(6): 621-626.

(收稿日期: 2015-01-08)

(本文编辑: 孙雅雯, 陈勤)