

蜱传疾病及其媒介蜱类研究进展*

于志军** 刘敬泽***

(河北师范生命科学学院, 石家庄, 050024)

摘 要 蜱为专性吸血的外寄生动物, 传播多种病原体而导致疾病, 给人类健康、畜牧业生产及野生动物带来极大危害。我国生态环境多样, 蜱及蜱媒疾病种类繁多、自然疫源地分布广泛。随着社会经济发展及林牧业资源的综合开发, 人群与媒介蜱的接触机会逐渐增多, 蜱传疾病的发病率上升, 且不断有新发的蜱传疾病出现, 其公共卫生学意义也日益受到重视。本文对我国重要的蜱传疾病、媒介蜱类、分布与特性等进行系统介绍, 以期为我国蜱及蜱传疾病的系统研究和综合防控提供理论基础。

关键词 蜱, 蜱传疾病, 蜱传病原体, 媒介蜱类, 贮存宿主

Progress in research on tick-borne diseases and vector ticks

YU Zhi-Jun** LIU Jing-Ze***

(College of Life Sciences, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China)

Abstract As obligate blood-sucking ecto-parasites, ticks transmit a great variety of pathogens that have a significant adverse effect on the health of humans, livestock and wild animals. Many ticks and tick-borne diseases are widely distributed in China's ecologically diverse range of habitats. Human contact with ticks, and the incidence of tick-borne diseases, are increasing with economic development and the increased exploitation of forestry and livestock production. Some new tick-borne diseases are emerging, and the threat posed by ticks to public health is becoming increasingly recognized. This paper describes the occurrence and distribution of the vectors of important tick-borne diseases found in China, which will provide a basis for subsequent systematic research and the integrated control of ticks and tick-borne diseases.

Key words ticks, tick-borne diseases, tick-borne pathogens, vector ticks, reservoir host

蜱是专性吸血的外寄生动物, 寄生于两栖类、鸟类、爬行类和哺乳类等动物, 部分种类可侵袭人, 能够传播多种病原体而导致疾病, 给人类健康、畜牧业生产及野生动物带来极大危害 (Sonenshine, 1991)。蜱传播的病原体包括细菌、病毒、立克次体、螺旋体以及原虫等, 是传播病原体种类最多的媒介节肢动物, 造成的危害仅次于蚊类 (Bowman and Nuttall, 2008)。

蜱不仅能作为多种病原体的传播媒介, 部分种类还可作为贮存宿主, 经期 (由幼蜱-若蜱-成蜱) 或经卵 (由雌蜱卵巢传递至下一代) 传递病

原体, 进而使其分布的特定地区成为蜱媒疾病的自然疫源地 (Banth, 2014)。

全世界现有蜱类近 900 种, 我国已描述定名 2 科 10 属 117 种 (Chen *et al.*, 2010)。在我国现有蜱类中, 60 种具有病原体传播潜能, 其中 38 种能传播两种以上病原体, 且 36 种已在我国范围内鉴定出病原体 (Yu *et al.*, 2015), 其引起的蜱传疾病主要包括莱姆病、蜱媒森林脑炎、克里米亚-刚果出血热、Q 热、土拉菌病和北亚蜱媒斑点热等 (Chen *et al.*, 2014)。随着我国社会经济发展及林牧业资源的综合开发, 人群与媒介蜱

* 资助项目 Supported projects: 国家自然科学基金 (31400342, 31272372); 河北省自然科学基金 (C2015205124)

**第一作者 First author, E-mail: yzj116@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: liujingze@mail.hebtu.edu.cn

收稿日期 Received: 2015-05-06, 接受日期 Accepted: 2015-05-12

的接触机会逐渐增多,导致蜱传疾病的发病率上升,且不断有新发的蜱传疾病出现,尤其近年来蜱咬人致死事件的发生,一度引起民众恐慌,进而使蜱及蜱传疾病受到普遍关注(刘吉起等, 2013)。虽然近年来我国对蜱及蜱传疾病的研究取得很多进展,但由于我国地域广阔,自然环境和气候复杂多样,蜱及蜱传病原体的种类繁多,自然疫源地分布广泛,且存在病原体复合感染(Sun *et al.*, 2008),因此对蜱传疾病及蜱传病原体的研究仍需深入。为此,本文系统介绍了我国重要蜱传疾病的发生、分布以及蜱类的媒介特性等相关研究,以期为我国蜱及蜱传疾病的系统研究和综合防控提供理论基础。

1 蜱类的媒介特性

作为多种病原体的传播媒介,蜱类主要通过唾液、基节液、中肠回流物以及排泄物等传播病原体,如斑点热群立克次体(Spotted fever group rickettsia, SFGR)和埃立克体等主要通过蜱唾液传播;引起莱姆病的各类螺旋体在硬蜱科蜱类以唾液和中肠回流传播为主,而软蜱科蜱类主要通过唾液和基节液传播,柯克斯体和弗朗西斯菌等则通过唾液或排泄物传播(Parola and Raoult, 2001)。在传播病原体过程中,蜱的媒介特性还与其典型的吸血特征、血餐消化方式及免疫防疫机制有关(Parola and Raoult, 2001; Hajdušek *et al.*, 2013)。蜱类生活史包括卵、幼蜱、若蜱和成蜱四个阶段,除卵外,其余三个阶段均需吸血寄生,多数蜱类叮咬宿主时,宿主一般缺失或产生不明显的疼痛反应,有助于其成功叮咬吸附宿主,为病原体传播提供条件(曹务春等, 1999);多数蜱类在幼蜱、若蜱和成蜱吸血过程中需要更换宿主,尤其软蜱科蜱类,可多次更换宿主吸血,为病原体在宿主动物及蜱类间传递创造了有利条件(Parola and Raoult, 2001),部分蜱类可寄生鸟类或大型兽类,使病原体的远距离扩散和疫源地扩大成为可能(曹务春等, 1999);在吸血过程中,蜱类唾液腺释放的功能分子有助于其长时间叮咬吸血,进而增加病原体传播机会(Francischetti *et al.*, 2009),而以细胞内消化为

主的中肠为病原体的定殖提供了特定场所,部分种类甚至可以通过卵巢经卵传递病原体(Sojka *et al.*, 2013),同时在与病原体长期协同进化过程中,蜱类也形成了特定的免疫防疫机制以保护自身不受损伤(Hajdušek *et al.*, 2013)。

2 我国重要蜱传疾病及其媒介蜱类

2.1 蜱媒斑点热(Tick-borne spotted fever)

蜱媒斑点热是由感染斑疹热群立克次体的蜱叮咬引发的自然疫源性疾,包括落基山斑点热(Rocky Mountain spotted fever)、地中海斑点热(Mediterranean spotted fever)、东方斑疹热(或日本斑点热)(Japanese/Oriental spotted fever)、北亚蜱媒斑点热(North-Asia spotted fever)、昆士兰斑疹伤寒(Queensland tick typhus)、远东蜱传立克次体病(Far-Eastern tick-borne rickettsiosis)等,属于人兽共患病(Bratton and Corey, 2005)。蜱媒斑点热病原体为立克次体,全球已鉴定并确定分类地位立克次体至少 26 种(Dong, 2012),包括落基山斑点热病原体立氏立克次体 *Rickettsia rickettsii*、地中海斑点热病原体康氏立克次体 *R. conorii* 及其亚种、东方斑点热病原体日本立克次体 *R. japonica*、北亚蜱媒斑点热病原体西伯利亚立克次体 *R. sibirica* 及其亚种以及远东蜱传立克次体病原体黑龙江立克次体 *R. heilongjiangensis* 等,属 α -变形菌纲立克次体目立克次体科立克次体属,营细胞内专性寄生(Fritz, 2009),其媒介主要为硬蜱属 *Ixodes*、花蜱属 *Amblyomma*、璃眼蜱属 *Hyalomma*、革蜱属 *Dermacentor*、血蜱属 *Haemaphysalis* 和扇头蜱属 *Rhipicephalus* 的部分种类,且能在蜱类中经期或经卵传递(Dantas-Torres *et al.*, 2012)。此外,许多小型哺乳动物也可为斑点热群立克次体的储存宿主。蜱在吸血过程中通过唾液传递斑点热群立克次体,且病原体激活和传递需吸血数小时后才能进行,如安氏革蜱 *D. andersoni* 传播 *R. rickettsii* 需叮咬吸附宿主至少 4~6 h,一般需要 10~24 h,而血红扇头蜱 *R. sanguineus* 传播 *R. conorii* 则需 20 h(Bratton and Corey, 2005)。斑点热群立克次体

还可通过破碎的蜱类组织、体液或粪便,通过破损的皮肤进入人体,且可通过输血在人际间传播 (McQuiston *et al.*, 2000)。

我国蜱媒斑点热立克次体研究始于 1958 年,首先从血清学上证实 SFGR 的感染,其次从病原学上确证我国存在 SFGR 的感染及蜱媒斑点的自然疫源地,目前通过分子生物学结合血清学和病原学,已鉴定的立克次体包括日本立克次体、康氏立克次体、黑龙江立克次体、西伯利亚立克次体和 *R. raoultii*/*R. raoultii*-like 等 (Ye *et al.*, 2008), 已检测到斑点热群立克次体的蜱在我国分布有 27 种 (表 1), 其引起的疾病主要包括东方斑点热、纽扣热、北亚斑点热等,在我国北方的覆盖面为北纬 40°~50°、东经 80°~135°的地区,主要从病人、啮齿动物、蜱及蜱卵中分离出了 SFGR;在我国南方北纬 17°~28°、东经 95°~120°附近地区,主要以人群、鼠类及蜱中分离出 SFGR (黄海楠, 2006)。

2.2 莱姆病 (Lyme diseases)

莱姆病是由携带伯氏疏螺旋体 *Borrelia burgdorferi* 的蜱叮咬所引发的自然疫源性疾病,世界五大洲 80 多个国家均有报道,尤以欧美地区最多。该病于 1975 年在美国莱姆镇首次报道,于 1982 年首次分离到莱姆病病原体 (Fritz, 2009)。莱姆病的病原体为伯氏疏螺旋体,隶属螺旋体目螺旋体科疏螺旋体属,可分为至少 14 个基因型,其中致病基因型为伯氏疏螺旋体 *B. burgdorferi sensu stricto*、伽氏疏螺旋体 *B. garinii*、阿弗西尼疏螺旋体 *B. afzelii* 和比塞蒂疏螺旋体 *B. bissettii* (郝琴, 2011)。伯氏疏螺旋体在自然界传播需媒介宿主和贮存宿主,媒介宿主主要为硬蜱属蜱类,以及血蜱属和革蜱属的部分种类共计 40 余种和 2 种软蜱 (Piesman and Humair, 2011)。贮存宿主较多,包括多数野生脊椎动物以及家畜等 (Stanek *et al.*, 2012)。蜱类从贮存宿主吸血获得螺旋体,螺旋体一般侵染蜱类中肠并增殖,部分螺旋体可刺穿肠壁进入其他组织器官,待蜱类再次叮咬宿主时,螺旋体由中肠经唾液腺进入宿主体内。一般来说,携带螺旋体的蜱

叮咬宿主 36~48 h 才能有效传递该螺旋体至宿主,而如果螺旋体已经在蜱类唾液腺中存在,其感染宿主的时间将大大缩短,因此,宿主感染莱姆病的概率随蜱类吸血时间延长而增加 (Cook, 2015)。

我国莱姆病研究始于 1986 年,血清流行病学调查表明至少在 29 个省、自治区和直辖市存在伯氏疏螺旋体的人群感染,且自然疫源地几乎覆盖我国所有山林地区 (耿震和万康林, 2007)。我国莱姆病螺旋体主要有伯氏疏螺旋体、阿弗西尼疏螺旋体和伽氏疏螺旋体,其中伯氏疏螺旋体的媒介蜱种包括全沟硬蜱 *I. persulcatus*、哈萨克硬蜱 *I. kazakstani*、粒形硬蜱 *I. granulatus*、锐喙硬蜱 *I. acutitarsus*、嗜龟花蜱 *A. geoemydae*、长角血蜱 *H. longicornis*、刻点血蜱 *H. punctata*、二棘血蜱 *H. bispinosa*、边缘革蜱 *D. marginatus* (表 1), 阿弗西尼疏螺旋体主要由日本硬蜱 *I. nipponensis* 传播,伽氏疏螺旋体主要由中华硬蜱 *I. sinensis* 和日本血蜱 *H. japonica* 传播。其贮存宿主主要包括野鼠等啮齿动物和家畜等。

2.3 人粒细胞无形体病 (Human granulocytic anaplasmosis, HGA)

无形体病 (Anaplasmosis) 是由携带无形体的蜱叮咬引发的人兽共患自然疫源性疾病,其动物源性病原体早在 1932 年已被确定,包括马埃立克体 *Ehrlichia equi* 和嗜吞噬埃立克体 *E. (Cytoecetes) phagocytophila* (Jin *et al.*, 2012)。人粒细胞无形体病以发热伴白细胞、血小板减少和多脏器功能损害为主要临床表现,该病于 1990 年在美国威斯康辛州首次报道,1994 年扩增到其病原体 DNA 序列,于 2001 年根据病原体表型特征和遗传特征的相似性,将其与马埃立克体和嗜吞噬埃立克体合并为一个种,命名为噬吞噬细胞无形体 *Anaplasma phagocytophilum*,并将其由埃立克体属划归为无形体属 (Dumler *et al.*, 2005), 隶属立克次体目无形体科,为一种专性细胞内寄生的革兰阴性小球杆菌。噬吞噬细胞无形体的传播媒介主要为硬蜱属、血蜱属、革蜱属和扇头蜱属的蜱类 (Dantas-Torres *et al.*, 2012),

表 1 我国分布的主要蜱传疾病、蜱传病原体及其媒介蜱类和贮存宿主
Table 1 The main tick-borne diseases, tick-borne pathogens and their vector ticks distributed in China

蜱媒病 Tick-borne disease	病原体 Pathogen	媒介蜱 Vector tick	贮存宿主 Reservoir host
蜱传斑点热	斑点热群立克次体	全沟硬蜱、灰黄花蜱、短垫血蜱、北岗血蜱、长角血蜱、大刺血蜱、刻点血蜱、野鼠等啮齿类、家畜、鸟类	
Tick-borne spotted fever	Spotted fever group rickettsia	嗜群血蜱、嗜鸟血蜱、金泽革蜱、银盾革蜱、草原革蜱、中华革蜱、镰形扇头蜱	
	日本立克次体 <i>R. japonica</i>	卵形硬蜱、褐黄血蜱、台湾血蜱、豪猪血蜱、台湾革蜱、短小扇头蜱	
	康氏立克次体 <i>R. conorii</i>	中华硬蜱、图兰扇头蜱、血红扇头蜱、短小扇头蜱	
	黑龙江立克次体 <i>R. heilongjiangensis</i>	具角血蜱、森林革蜱	
莱姆病 Lyme disease	西伯利亚立克次体 <i>R. sibirica</i>	越原血蜱、森林革蜱	
	<i>R. raoultii</i> / <i>R. raoultii</i> -like	西藏革蜱、森林革蜱	
	伯氏疏螺旋体 <i>Borrelia burgdorferi</i>	全沟硬蜱、哈萨克硬蜱、粒形硬蜱、锐眈硬蜱、嗜龟花蜱、长角血蜱、刻点血蜱、二棘血蜱、边缘革蜱	野鼠等啮齿动物、家畜
	阿弗西尼疏螺旋体 <i>B. afzelii</i>	日本硬蜱	
人粒细胞无形体病 Human granulocytic anaplasmosis	伽氏疏螺旋体 <i>B. garinii</i>	中华硬蜱、日本血蜱	野鼠等啮齿动物、鸟类以及其他小型哺乳动物
	嗜吞噬细胞无形体	全沟硬蜱、长角血蜱、豪猪血蜱、大刺血蜱、刻点血蜱、台湾血蜱、青海血蜱、网纹革蜱、囊形扇头蜱、短小扇头蜱	
	埃及克次体属 <i>Ehrlichia</i>	全沟硬蜱、中华硬蜱、长角血蜱、褐黄血蜱、血红扇头蜱	野生脊椎动物、鸟类及家畜
	查非埃立克次体 <i>E. chaffeensis</i>	龟形花蜱、草原革蜱、森林革蜱、微小扇头蜱	
蜱媒森林脑炎	蜱媒森林脑炎病毒	全沟硬蜱、日本硬蜱、卵形硬蜱、嗜群血蜱、嗜鸡血蜱、森林革蜱、微小扇头蜱	野生啮齿动物、鸟类、家畜
Tick-borne encephalitis	Tick-borne encephalitis virus	嗜龟花蜱、特突钝缘蜱、乳突钝缘蜱	食虫目和啮齿动物
蜱媒回归热	波斯疏螺旋体 <i>Borrelia persica</i>	小亚璃眼蜱、亚洲璃眼蜱、囊形扇头蜱	野生哺乳动物、家畜
Tick-borne relapsing fever	拉氏疏螺旋体 <i>B. latyshevyi</i>		
克里米亚-刚果出血热	克里米亚-刚果出血热病毒	全沟硬蜱、乳突钝缘蜱、亚东璃眼蜱、亚洲璃眼蜱、铃头血蜱、微小扇头蜱	野生动物、家畜
Crimean-Congo hemorrhagic fever	Crimean-Congo hemorrhagic fever virus	长角血蜱、微小扇头蜱	家养动物
Q 热 Q fever	贝氏柯克斯体 <i>Coxiella burnetii</i>		
发热伴血小板减少综合征	新布尼亚病毒		
Severe fever with thrombocytopenia syndrome	SFTS virus		
土拉菌病 Tularemia	土拉弗朗西斯菌 <i>Francisella tularensis</i>	银盾革蜱、森林革蜱、全沟硬蜱	野兔、黄鼠等
梨形虫病	巴贝斯虫属 <i>Babesia</i> 和泰勒虫属 <i>Theileria</i>	全沟硬蜱、长角血蜱、刻点血蜱、二棘血蜱、青海血蜱、小亚璃眼蜱、亚洲璃眼蜱、盾糙璃眼蜱、麻点璃眼蜱、草原革蜱、网纹革蜱、微小扇头蜱、血红扇头蜱、镰形扇头蜱	野生哺乳动物、家畜
Proplasmosis			

部分蜱类能够经期传递该病原体,贮存宿主包括野鼠等啮齿动物、鸟类以及其他小型哺乳动物等 (Fritz, 2009)。

人粒细胞无形体病在我国于 2006 年首先在安徽报道,以后的血清学分析及流行病学调查认为,在我国至少 7 个省区有 HGA 的发生 (Zhang *et al.*, 2008)。我国噬吞噬细胞无形体的媒介蜱类包括 4 属 10 种蜱,主要为硬蜱属的全沟硬蜱,血蜱属的长角血蜱、豪猪血蜱 *H. hystricis*、大刺血蜱 *H. megaspinosus*、刻点血蜱、台湾血蜱 *H. formosensis* 和青海血蜱 *H. qinghaiensis*, 扇头蜱属的囊形扇头蜱 *R. bursa* 和短小扇头蜱 *R. pumilio*, 以及革蜱属的网纹革蜱 *D. reticulatus* 等 (表 1)。

2.4 人埃立克体病 (Human ehrlichiosis)

埃立克体病是携带埃立克体的蜱叮咬引发的人兽共患自然疫源性疾病,其动物源性病原体研究源于 1935 年在犬体分离鉴定的犬埃立克体 *Ehrlichia canis* (温博海, 1997)。人埃立克体病主要表现为发热、血小板和白细胞减少,世界范围内广泛分布,其病原体包括 1954 年分离的腺热新立克次体 *Neorickettsia sennegsu*、1991 年命名的查菲埃立克体 *Ehrlichia chaffeensis*、以及 1992 年命名的伊文埃立克体 *Ehrlichia ewingii* (许荣满, 2007), 隶属立克次体目无形体科埃立克次体属。除腺热新立克次体主要由吸虫类传播外,查菲埃立克体和伊文埃立克体主要由蜱类传播,包括硬蜱属、血蜱属、花蜱属、革蜱属和扇头蜱属的种类,其贮存宿主主要包括野生脊椎动物、鸟类及家畜等 (Dantas-Torres *et al.*, 2012)。

我国在 1999 年报道了首例人埃立克体病,随后又通过血清学和 PCR 等方法在我国新疆、黑龙江、内蒙等 7 个省区监测到人埃立克体病的病原体 (Gao *et al.*, 2001)。我国已明确的查菲埃立克体传播媒介有龟形花蜱 *A. testudinarium*、草原革蜱、森林革蜱 *D. silvarum* 和微小扇头蜱 *R. microplus*, 其它能够传播埃立克体属病原体的蜱还包括全沟硬蜱、中华硬蜱、长角血蜱、褐黄血蜱 *H. flava* 和血红扇头蜱等 (表 1)。

2.5 蜱媒森林脑炎 (Tick-borne encephalitis)

蜱媒森林脑炎是由蜱媒森林脑炎病毒引起的人兽共患自然疫源性疾病,该病 1931 年由 Schneider 首次报道,1937 年 Zilber 分离到蜱媒森林脑炎病毒,目前世界上至少有 32 个国家或地区有蜱媒森林脑炎病例报道 (Charrel *et al.*, 2004)。森林脑炎病毒隶属黄病毒科黄病毒属,主要包括西欧亚型、远东亚型和西伯利亚亚型 (陈国仕, 2004)。蜱媒森林脑炎病毒的传播媒介主要为硬蜱属、血蜱属和革蜱属的蜱类,多数蜱类能够经期或经卵传递该病毒 (Dantas-Torres *et al.*, 2012), 其贮存宿主主要为啮齿类、鸟类和家畜等。除通过蜱类传播外,食用感染脑炎病毒的羊奶制品包括黄油、奶酪及酸奶等也可致病 (Charrel *et al.*, 2004)。

我国蜱媒森林脑炎首例报告见于 1943—1944 年,且在长白山林区于 1951—1953 年曾出现过暴发流行,该病主要见于东北及西北森林地区,在我国四川、河北、新疆、云南等至少 9 个省区也有发生,其病毒主要为远东型 (吕志和梁国栋, 2009), 传播该病毒的蜱类主要有全沟硬蜱、日本硬蜱、卵形硬蜱 *I. ovatus*、嗜群血蜱、雉鸡血蜱 *H. phasiana*、森林革蜱和微小扇头蜱 (表 1)。

2.6 蜱媒回归热 (Tick-borne relapsing fever)

蜱媒回归热与虱媒回归热并称回归热,是由携带特定螺旋体的蜱或虱叮咬引发的自然疫源性疾病,主要临床表现为周期性高热并伴有肌肉、关节等疼痛,肝脾肿大并具出血倾向,重症者出现黄疸 (Dworkin *et al.*, 2008)。蜱媒回归热在世界范围内广泛分布,在南美、中亚、地中海地区及非洲大部分地区均有其自然疫源地,其病原体包括赫姆斯螺旋体 *Borellia hermsii*、塔拉螺旋体 *B. talaje*、杜通氏螺旋体 *B. duttoni* 以及波斯螺旋体 *B. persica* 和拉氏螺旋体 *B. latyshevyi* 等 (Hovis *et al.*, 2004)。蜱媒回归热的传播媒介为软蜱科蜱类,以钝缘蜱属 *Ornithodoros* 为主 (Bratton and Corey, 2005)。软蜱吸血多在夜间

进行,且可多次吸血,每次吸血时间一般持续 15~30 min,其宿主主要为啮齿动物及小型哺乳动物。病原体能够在软蜱体内经期传递,且能够持续感染软蜱唾液腺,因此软蜱在叮咬吸附宿主 30 s 内即可将病原体传递至宿主(Dworkin *et al.*, 2008)。

我国蜱媒回归热病例首见于 1957 年新疆喀什地区,流行病学研究表明我国至少 7 个省区存在蜱媒回归热感染,其病原体主要为波斯螺旋体和拉氏螺旋体。在新疆地区,波斯螺旋体主要在南疆地区分布,以乳突钝缘蜱 *O. papillipes* 为主要传播媒介;拉氏螺旋体主要在北疆地区分布,以特突钝缘蜱 *O. tartakovskyi* 为主要传播媒介,其贮存宿主主要是食虫目和啮齿目动物(曹务春等, 1999)。人因被感染的蜱叮咬或受损皮肤被蜱基节液污染而感染(Dworkin *et al.*, 2008)。除此之外,嗜龟花蜱也被证明是蜱媒回归热的传播媒介。

2.7 克里米亚-刚果出血热 (Crimean-Congo hemorrhagic fever)

克里米亚-刚果出血热是由携带克里米亚-刚果出血热病毒的蜱叮咬引发的人兽共患传染病,以发热、血小板减少和出血为主要临床特征,致死率为 3%~30%,主要通过蜱叮咬传播,并能通过接触染病动物感染或者通过患者血液或血液分泌物、排泄物等在人际间传播(Zavitsanou *et al.*, 2009)。克里米亚-刚果出血热最初发生于 1944—1945 年中亚克里米亚半岛,现已遍及非洲、南/东欧、中东及亚洲地区包括中国在内的 30 多个国家和地区(Whitehouse, 2004)。克里米亚-刚果出血热病毒为单股负 RNA 病毒,隶属于布尼亚病毒科内罗病毒属,目前世界上至少已确定 8 种不同基因型(Elald and Kaya, 2014),其传播媒介和贮存宿主主要为蜱类,目前已从璃眼蜱属、花蜱属、扇头蜱属、革蜱属、硬蜱属以及钝缘蜱属等约 30 余种蜱中分离出该病毒,璃眼蜱属的种类为其主要传播媒介,能经期、经卵或通过交配在雌雄蜱间传递该病毒。此外,部分野生哺乳动物或家畜也是该病毒的贮存宿主

(Mertens *et al.*, 2013)。

克里米亚-刚果出血热在我国又名新疆出血热,于 1965 年新疆巴楚县首次出现病例报道,随后在我国青海、四川、内蒙、安徽、海南、云南等地均有报道(马广鹏等, 2011)。我国于 1966 年分离到新疆出血热病毒,系统发生学研究表明其与邻国哈萨克斯坦、塔吉克斯坦和乌兹别克斯坦等分离的病毒基因型来源于不同的分支(Gao *et al.*, 2010),其媒介蜱类主要包括小亚璃眼蜱 *Hy. anatolicum*、亚洲璃眼蜱 *Hy. asiaticum* 和囊形扇头蜱等(表 1)。

2.8 Q 热 (Q fever)

Q 热是由携带贝纳柯克斯体 *Coxiella burnetii* 的蜱叮咬引发的人兽共患自然疫源性疾病,主要临床表现为发热、头痛,同时以全身器官受累的急性或慢性症状为特征,最早见于 1935—1937 年间的澳大利亚,目前已报道的 Q 热疫源地几乎遍及全球各大洲的所有国家(Maurin and Raoult, 1999)。Q 热的病原体为贝纳柯克斯体,与立克次体形态相近,营细胞内专性寄生,对环境条件耐受性极强。该病原体主要以蜱为传播媒介,包括硬蜱属、血蜱属、革蜱属和扇头蜱属的种类约 70 余种,部分种类可经卵传递病原体,同时可通过气溶胶方式在动物之间传播。其贮存宿主主要为野生动物和牛、羊等家畜(Angelakis *et al.*, 2010)。

我国 Q 热研究始于 1950 年,其病原体于 1962 年分离鉴定,目前我国已有 24 个省和自治区出现 Q 热病例报道,主要分布在我国东部、西部和北部地区,其中内蒙古、四川、新疆、云南和西藏均有其暴发流行记录(Wu *et al.*, 2013)。贝纳柯克斯体能够自然感染全沟硬蜱、亚东璃眼蜱 *Hy. asiaticum kozlovi*、亚洲璃眼蜱、铃头血蜱 *H. campanulata*、微小扇头蜱和乳突钝缘蜱(表 1),且在我国甘肃、宁夏、陕西、新疆等地的森林革蜱、银盾革蜱 *D. niveus*、草原革蜱 *D. nuttalli*、残缘璃眼蜱 *Hy. detritum*、盾糙璃眼蜱 *Hy. scupense*、日本血蜱、嗜群血蜱和青海血蜱中均检测到该病原体的 DNA(El-Mahallawy

et al., 2014)。

2.9 发热伴血小板减少综合征 (Severe fever with thrombocytopenia syndrome)

发热伴血小板减少综合征是新发的蜱传自然疫源性疾病,最早见于我国湖北、河南、江苏、浙江等地,以发热伴白细胞、血小板减少为主要临床表现,重症患者出现多器官衰竭而发生死亡 (Ding *et al.*, 2013)。该病主要通过蜱叮咬传播,同时处于潜伏期和急性期的患者血液(或血性分泌物)均具传染性,直接接触患者血液或血性分泌物可导致人际间传播 (Gai *et al.*, 2012)。发热伴血小板减少综合征的病原体为新布尼亚病毒,隶属布尼亚病毒科白蛉病毒属,病毒颗粒呈球形,直径 80~100 nm,外有脂质包膜,表面有刺突,基因组包含 3 个单股负链 RNA 片段 (L、M 和 S) (Yu *et al.*, 2011)。该病毒由我国学者于 2010 年进行分离培养,并通过电镜观察和基因组测序分析确定 (Yu *et al.*, 2011)。据流行病学调查,目前我国至少有 13 个省份存在新布尼亚病毒感染 (Li, 2013),且其感染范围仍在不断扩大 (Wu and Gao, 2013),2013 年韩国和日本出现新布尼亚病毒感染死亡病例 (Denic *et al.*, 2011; Chang and Woo, 2013; Takahashi *et al.*, 2014)。微小扇头蜱和长角血蜱是最有可能的媒介蜱类,家养动物包括羊、牛、狗等可能是该病毒的扩大宿主,其自然宿主尚未可知 (Liu *et al.*, 2014)。

2.10 土拉菌病 (Tularemia)

土拉菌病是由土拉弗朗西斯菌 *Francisella tularensis* 感染引起的急性自然疫源性疾病,主要临床症状为发热、淋巴结肿大、皮肤溃疡、眼结膜充血溃疡、呼吸道和消化道炎症及毒血症等,在欧洲、亚洲和北美洲等地的至少 18 个国家广泛分布,危害极大 (Gok *et al.*, 2014)。该病可经多种途径传播,包括蜱、螨、蚊、苍蝇等吸血寄生虫的叮咬传播,或通过受污染的水、食物或空气等造成土拉菌病流行 (Keim *et al.*, 2007)。其病原菌为土拉弗朗西斯菌,隶属硫发

菌目弗朗西斯菌科弗朗西斯菌属,1912 年在美国首次分离到,包括 *F. t. tularensis*、*F. t. holarctica*、*F. t. novicida* 和 *F. t. mediasiatica* 4 个亚种 (Ulu-Kilica and Doganaya, 2014),目前已知的感染动物达 250 种,蜱类不仅是其传播媒介,同时还是其贮存宿主,可经期或经卵传递该病原体 (Keim *et al.*, 2007)。

土拉菌病在我国又称野兔热,其主要在野兔和鼠类之间感染发病。人感染土拉菌病例首见于 1957 年内蒙古通辽地区,并从病人和黄鼠体内分离到病原体 (张芳, 2008)。目前在我国新疆、西藏、青海和内蒙等地均证实存在其自然疫源地,通过人群和动物血清学检测证实山东、陕西、甘肃和宁夏等地存在土拉弗朗西斯菌感染,其媒介蜱类主要为银盾革蜱、森林革蜱和全沟硬蜱 (表 1)。

2.11 梨形虫病 (Piroplasmosis)

梨形虫病是在热带和亚热带地区反刍动物及其他家畜最常见的血液寄生虫病之一,由巴贝斯虫和泰勒虫感染引起,包括巴贝斯虫病和泰勒虫病,主要通过硬蜱在人和动物间传播 (Omer *et al.*, 2012)。已分离鉴定的巴贝斯虫有 100 多种,部分种类可侵染人,首例人感染巴贝斯虫病例见于 1957 年的南斯拉夫,目前该病已经逐步成为一种世界性的人类新发寄生虫病 (Vannier and Krause, 2012)。泰勒虫主要侵染牛、羊等家畜,可引起感染动物高热、体表淋巴结肿大、贫血和消瘦等症状,严重时可导致动物死亡 (Muhanguzi *et al.*, 2014)。巴贝斯虫和泰勒虫主要通过蜱类传播,包括硬蜱属、革蜱属、血蜱属、璃眼蜱属和扇头蜱属等,多数蜱类存在巴贝斯虫和泰勒虫共感染 (Tian *et al.*, 2013)。我国至少 24 个省和自治区存在梨形虫病,已发现的巴贝斯虫和泰勒虫约 11 种 (李德昌和陈启军, 1994),在我国分布的媒介蜱类包括全沟硬蜱、长角血蜱、刻点血蜱、二棘血蜱、青海血蜱、小亚璃眼蜱、亚洲璃眼蜱、盾糙璃眼蜱、麻点璃眼蜱 *Hy. rufipes*、草原革蜱、网纹革蜱、微小扇头蜱、血红扇头蜱和镰形扇头蜱 *R. haemaphysalioies*

共计 13 种 (表 1)。

3 结语

中国分布的蜱传疾病中, 莱姆病分布最广, 在我国 29 个省、自治区和直辖市均检测到其病原体, 其次为 Q 热、梨形虫病、蜱媒斑点热和新发的发热伴血小板减少综合征, 分布范围均在 10 个省市自治区以上; 蜱媒斑点热的媒介蜱类最多, 在我国分布的 5 属 27 种蜱均可能是斑点热群立克次体的潜在媒介, 其次为梨形虫病、人粒细胞无形体病和莱姆病, 在我国分布的媒介蜱类均在 10 种以上。除此之外, 蜱类还能作为巴尔通体、GRD 螺旋菌体、乙型脑炎病毒、鼠疫杆菌、布鲁氏菌等多种病原体的传播媒介, 但对于蜱和该类病原体之间的关系尚未明确。野生动物和家畜是蜱类最主要的宿主, 也是蜱传病原体的主要贮存宿主。因此, 在生物学、生态学和分子生物学等层面深入了解蜱传病原体、媒介蜱类和宿主的相互作用关系将有助于后续蜱及蜱传疾病的综合防控。随着生物学技术的发展, 国际上不断有新的蜱传病原体被鉴定, 而我国蜱的种类繁多, 自然疫源地分布广泛, 可能还有很多潜在的蜱传病原体未被鉴定。同时由于蜱类传播的病原体种类繁多, 其引起的临床表现多样, 尤其是在很多地区存在多种病原体复合感染, 给蜱传疾病的临床诊断和治疗带来极大困难, 因此深入探索蜱传病原体之间相互作用机制将为蜱传疾病的治疗和诊断开辟新的思路。

参考文献 (References)

Angelakis E, Raoult D, 2010. Q fever. *Veterinary Microbiology*, 140(3): 297–309.

Baneth G, 2014. Tick-borne infections of animals and humans: a common ground. *International Journal for Parasitology*, 44(9): 591–596.

Bowman A, Nuttall P, 2008. Ticks: Biology, Disease and Control. Cambridge: Cambridge University Press. 344–376.

Bratton RL, Corey R, 2005. Tick-borne disease. *American Family Physician*, 71(12): 2323–2330.

Cao WC, Zhang XT, Xu RM, 1999. The public health concern of ticks and tick-borne diseases. *Chinese Journal of Public Health*,

15(3): 221–222. [曹务春, 张习坦, 许荣满, 1999. 蜱类及蜱媒疾病的公共卫生学意义. *中国公共卫生*, 15(3): 221–222.]

Chang MS, Woo JH, 2013. Severe fever with thrombocytopenia syndrome: tick-mediated viral disease. *Journal of Korean Medical Science*, 28(6): 795–796.

Charrel RN, Attoui H, Butenko AM, Clegg JC, Deubel V, Frolova TV, Gould EA, Gritsun TS, Heinz FX, Labuda M, Lashkevich VA, Loktev V, Lundkvist A, Lvov DV, Mandl CW, Niedrig M, Papa A, Petrov VS, Plyusnin A, Randolph S, Süss J, Zlobin VI, de Lamballerie X, 2004. Tick-borne virus diseases of human interest in Europe. *Clinical Microbiology and Infection*, 10(12): 1040–1055.

Chen GS, 2004. A study on natural source of tick-borne encephalitis. *Infectious Disease Information*, 17(1): 7–9. [陈国仕, 2004. 蜱媒脑炎自然疫源探究. *传染病信息*, 17(1): 7–9.]

Chen Z, Yang X, Bu F, Yang XH, Yang XL, Liu JZ, 2010. Ticks (Acari: Ixodoidea: Argasidae, Ixodidae) of China. *Experimental and Applied Acarology*, 51(4): 1–12.

Chen Z, Liu Q, Liu JQ, Xu BL, Lv S, Xia S, Zhou XN, 2014. Tick-borne pathogens and associated co-infections in ticks collected from domestic animals in central China. *Parasites & Vectors*, 7(1): 237.

Cook MJ, 2015. Lyme borreliosis: a review of data on transmission time after tick attachment. *International Journal of General Medicine*, 8: 1–8.

Dantas-Torres F, Chomel BB, Otranto D, 2012. Ticks and tick-borne diseases: a One Health perspective. *Trends in Parasitology*, 28(10): 437–446.

Denic S, Janbeih J, Nair S, Conca W, Tariq WUZ, Al-Salam S, 2011. Acute thrombocytopenia, leucopenia, and multiorgan dysfunction: the first case of SFTS bunyavirus outside China? *Case Reports in Infectious Diseases*, 2011: 204056.

Ding F, Zhang W, Wang L, Hu W, Magalhaes RJS, Sun H, Zhou H, Sha S, Li SL, Liu QY, Li Q, Yang WZ, Huang LY, Li CY, Yin W, 2013. Epidemiologic features of severe fever with thrombocytopenia syndrome in China, 2011–2012. *Clinical Infectious Diseases*, 56(11): 1682–1683.

Dong X, 2012. Comparative genomics of *ricketsia* species. Doctoral dissertation. Aix Marseille: Université Aix-Marseille I.

Dumler JS, Choi KS, Garcia-Garcia, JC, Barat, NS, Scorpio DG, Garyu JW, Grab DJ, Bakken JS, 2005. Human granulocytic anaplasmosis and *Anaplasma phagocytophilum*. *Emerging Infectious Diseases*, 11(12): 1828–1834.

Dworkin MS, Schwan TG, Anderson DE, Borchardt SM, 2008. Tick-borne relapsing fever. *Infectious Disease Clinics of North America*, 22(3): 449–468.

- Elaldi N, Kaya S, 2014. Crimean-Congo Hemorrhagic Fever. *Journal of Microbiology and Infectious Diseases*, 1: S1–S9.
- El-Mahallawy HS, Lu G, Kelly P, Xu D, Li Y, Fan W, Wang C, 2014. Q fever in China: a systematic review, 1989–2013. *Epidemiology and Infection*, 143(4): 673–681.
- Francischetti IM, Sá-Nunes A, Mans BJ, Santos IM, Ribeiro JM, 2009. The role of saliva in tick feeding. *Frontiers in Bioscience*, 14: 2051–2088.
- Fritz CL, 2009. Emerging tick-borne diseases. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 39(2): 265–278.
- Gai ZT, Zhang Y, Liang MF, Jin C, Zhang S, Zhu CB, Li C, Li XY, Zhang QF, Bian PF, Zhang LH, Wang B, Zhou N, Liu JX, Song XG, Xu AQ, Bi ZQ, Chen SJ, Li DX, 2012. Clinical progress and risk factors for death in severe fever with thrombocytopenia syndrome patients. *Journal of Infectious Diseases*, 206(7): 1095–1102.
- Gao DQ, Cao WC, Zhang X, Zhan Q, Zhu J, Chen S, Dai Q, Zhang P, Yang H, 2001. Investigations on Human ehrlichia infectious people in Daxingan Mountain. *Chinese Journal of Epidemiology*, 22(2): 137–141. [高东旗, 曹务春, 张习坦, 赵秋敏, 戴庆华, 张泮河, 杨红, 朱建华, 陈山虎, 2001. 大兴安岭地区人群埃立克体感染的调查. 中华流行病学杂志, 22(2): 137–141.]
- Gao X, Nasci R, Liang G, 2010. The neglected arboviral infections in mainland China. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 4(4): e624.
- Geng Z, Wan KL, 2007. Progress in the epidemiology of Lyme disease. *Chinese Journal of Natural Medicine*, 9(2): 158–160. [耿震, 万康林, 2007. 莱姆病流行病学研究新进展. 中国自然医学杂志, 9(2): 158–160.]
- Gok SE, Celikbas AK, Baykam N, Buyukdemirci AA, Eroglu MN, Kemer OE, Dokuzoguz B, 2014. Evaluation of tularemia cases focusing on the oculoglandular form. *The Journal of Infection in Developing Countries*, 8(10): 1277–1284.
- Hajdušek O, Síme R, Ayllón N, Jalovecká M, Perner J, de la Fuente J, Kopáček P, 2013. Interaction of the tick immune system with transmitted pathogens. *Frontiers in Cellular & Infection Microbiology*, 3(3): 207–208.
- Hao Q, 2011. Study on the genetic diversity of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in China and the whole genome analysis of 5 Chinese *Borrelia burgdorferi* strain. Doctoral dissertation. Beijing: Chinese Center for Disease Control and Prevention. [郝琴, 2011. 中国莱姆病螺旋体的遗传多态性研究及全基因组序列初步分析. 博士学位论文. 北京: 中国疾病预防控制中心.]
- Hovis KM, McDowell JV, Griffin L, Marconi RT, 2004. Identification and characterization of a linear-plasmid-encoded factor h-binding protein (fhba) of the relapsing fever spirochete *borrelia hermsii*. *Journal of Bacteriology*, 186(9): 2612–2618.
- Huang HN, 2006. Epidemiological investigation on spotted fever group *Rickettsiae* and coinfection with *Borrelia burgdorferi* sensu lato in several Provinces, China. Master dissertation. Jilin: Jilin University. [黄海楠, 2006. 我国部分省区蜱传斑点热及其与莱姆病复合感染的流行病学调查研究. 硕士学位论文. 吉林: 吉林大学.]
- Jin H, Wei F, Liu Q, Qian J, 2012. Epidemiology and control of human granulocytic anaplasmosis: a systematic review. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 12(4): 269–274.
- Keim P, Johansson A, Wagner DM, 2007. Molecular epidemiology, evolution and ecology of *Francisella*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1105: 30–66.
- Li DC, Chen QJ, 1994. Researches on piroplasmiasis and its vector ticks. *Chinese Journal of Veterinary Science*, 14(2): 202–206. [李德昌, 陈启军, 1994. 中国梨形虫病及其媒介—蜱的研究概况. 中国兽医学报, 14(2): 202–206.]
- Li DX, 2013. A highly pathogenic new bunyavirus emerged in China. *Emerging Microbes & Infections*, 2(1): e1.
- Liu JQ, Zhao Q, Xu BL, 2013. Progress in research on ticks. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 24(2): 186–188. [刘吉起, 赵奇, 许汴利, 2013. 蜱类研究进展. 中国媒介生物学及控制杂志, 24(2): 186–188.]
- Liu SL, Chai CL, Wang CM, Amer S, Lv HKX, He H, Sun JM, Lin JF, 2014. Systematic review of severe fever with thrombocytopenia syndrome: virology, epidemiology, and clinical characteristics. *Reviews in Medical Virology*, 24(2): 90–102.
- Lv Z, Liang GD, 2009. Advance in research on tick-borne encephalitis in China. *Chinese Journal of Epidemiology*, 30(6): 641–643. [吕志, 梁国栋, 2009. 中国蜱传脑炎研究进展. 中华流行病学杂志, 30(6): 641–643.]
- Ma GP, Sun CF, Zhao N, Zhang XC, 2011. Major prevalent trends of tick-borne disease in China and its prevention and control measures. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13(2): 105–109. [马广鹏, 孙传范, 赵娜, 张西臣, 2011. 中国蜱传病主要流行趋势及防控科技对策. 中国农业科技导报, 13(2): 105–109.]
- Maurin M, Raoult D, 1999. Q fever. *Clinical Microbiology Reviews*, 12(4): 518–553.
- McQuiston JH, Childs JE, Chamberland ME, Tabor E, 2000. Transmission of tick-borne agents of disease by blood transfusion: a review of known and potential risks in the United States. *Transfusion*, 40(3): 274–284.
- Mertens M, Schmidt K, Ozkul A, Groschup MH, 2013. The impact of Crimean-Congo hemorrhagic fever virus on public health. *Antiviral Research*, 98(2): 248–260.
- Muhanguzi D, Picozzi K, Hatendorf J, Thrusfield M, Welburn SC,

- Kabasa JD, Waiswa C, 2014. Prevalence and spatial distribution of *Theileria parva* in cattle under crop-livestock farming systems in Tororo District, Eastern Uganda. *Parasites & Vectors*, 7: 91.
- Omer LT, Kadir MA, Ahmed JS, 2012. Seroprevalence of piroplasmosis with tick distribution in northern Iraq. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 26(Suppl. 3): 105–108.
- Parola P, Raoult D, 2001. Tick-borne bacterial diseases emerging in Europe. *Clinical Microbiology and Infection*, 7(2): 80–83.
- Piesman J, Humair PF, 2011. The spirochetes and vector ticks of Lyme borreliosis in nature. Lyme Borreliosis in Europe and North America: Epidemiology and Clinical Practice. 37–51.
- Sojka D, Franta Z, Horn M, Caffrey CR, Mareš M, Kopáček P, 2013. New insights into the machinery of blood digestion by ticks. *Trends in Parasitology*, 29(6): 276–285.
- Sonenshine DE, 1991. Biology of Ticks, Vol. 1. New York: Oxford University Press. 10–25.
- Stanek G, Wormser GP, Gray J, Strle F, 2012. Lyme borreliosis. *The Lancet*, 379(9814): 461–473.
- Sun JM, Liu QY, Lu L, Ding GQ, Guo JQ, Fu GM, Zhang JB, Meng FX, Wu HX, Song XP, Ren DS, Li DM, Guo YH, Wang J, Li GC, Liu JL, Lin HL, 2008. Coinfection with four genera of bacteria (*Borrelia*, *Bartonella*, *Anaplasma*, and *Ehrlichia*) in *Haemaphysalis longicornis* and *Ixodes sinensis* ticks from China. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 8(6): 791–796.
- Takahashi T, Maeda K, Suzuki T, Ishido A, Shigeoka T, Tominaga T, Kamei T, Honda M, Ninomiya D, Sakai T, Senba T, Kaneyuki S, Sakaguchi S, Satoh A, Hosokawa T, Kawabe Y, Kurihara S, Izumikawa K, Kohno S, Azuma T, Suemori K, Yasukawa M, Mizutani T, Omatsu T, Katayama Y, Miyahara M, Ijuin M, Doi K, Okuda M, Umeki K, Saito T, Fukushima K, Nakajima K, Yoshikawa T, Tani H, Fukushi S, Fukuma A, Ogata M, Shimojima M, Nakajima N, 2014. The first identification and retrospective study of severe fever with thrombocytopenia syndrome in Japan. *Journal of Infectious Diseases*, 209(6): 816–827.
- Tian ZC, Liu GY, Yin H, Luo JX, Guan GQ, Luo J, Xie JR, Zheng JF, Yuan XS, Wang FF, Shen H, Tian MJ, 2013. Discrimination between bovine *Babesia* and *Theileria* species in China based on the ribosomal protein S8 (RPS8) gene. *Veterinary Parasitology*, 197(1): 354–359.
- Ulu-Kilic A, Doganay M, 2014. An overview: Tularemia and travel medicine. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 12(6): 609–616.
- Vannier E, Krause PJ, 2012. Human babesiosis. *New England Journal of Medicine*, 366(25): 2397–2407.
- Wen BH, 1997. Progress in human ehrlichiosis. *Foreign Medicine: Microbiology*, 3: 24–27. [温博海, 1997. 人埃里希体的研究进展. 国外医学: 微生物学分册, 3: 24–27.]
- Whitehouse CA, 2004. Crimean-Congo hemorrhagic fever. *Antiviral Research*, 64(3): 145–160.
- Wu XB, Na RH, Wei SS, Zhu JS, Peng HJ, 2013. Distribution of tick-borne diseases in China. *Parasites & Vectors*, 6: 119.
- Wu Y, Gao GF, 2013. Severe fever with thrombocytopenia syndrome virus expands its borders. *Emerging Microbes & Infections*, 2(6): e36.
- Ye XD, Zheng SG, Sun Y, Xu RM, 2008. Progress in tick-borne spotted fever. *Chinese Journal of Zoonoses*, 24(4): 368–371.
- Yu XJ, Liang MF, Zhang SY, Liu Y, Li JD, Sun YL, Zhang LH, Zhang QF, Popov VL, Li C, Qu J, Li Q, Zhang YP, Hai R, Wu W, Wang Q, Zhan FX, Wang XJ, Kan B, Wang SW, Wan KL, Jing HQ, Lu JX, Yin WW, Zhou H, Guan XH, Liu JF, Bi ZQ, Liu GH, Ren J, Wang H, Zhao Z, Song JD, He JR, Wan T, Zhang JS, Fu XP, Sun LN, Dong XP, Feng ZJ, Yang WZ, Hong T, Zhang Y, Walker DH, Wang Y, Li DX, 2011. Fever with thrombocytopenia associated with a novel Bunyavirus in China. *New England Journal of Medicine*, 364: 1523–1532.
- Yu ZJ, Wang H, Wang TH, Sun WY, Yang XL, Liu JZ, 2015. Tick-borne pathogens and the vector potential of ticks in China. *Parasites & Vectors*, 8: 24.
- Zavitsanou A, Babatsikou F, Koutis C, 2009. Crimean-Congo hemorrhagic fever: an emerging tick-borne disease. *Health Science Journal*, 3(1): 10–18.
- Zhang F, 2008. Molecular epidemiological investigation on *Francisella tularensis* in China. Doctoral dissertation. Beijing: Academy of Military Medical Sciences. [张芳, 2008. 我国土拉弗氏菌分子流行病学调查研究. 博士学位论文. 北京: 中国人民解放军军事医学科学院.]
- Zhang L, Liu Y, Ni D, Li Q, Yu Y, Yu XJ, Wan K, Li D, Liang G, Jiang X, Jing H, Run J, Luan M, Fu X, Zhang J, Yang W, Wang Y, Dumler JS, Feng Z, Ren J, Xu J, 2008. Nosocomial transmission of human granulocytic anaplasmosis in China. *JAMA*, 300(19): 2263–2270.