

蝙蝠及其体外寄生虫携带立克次体研究进展

吴 松, 张云智

大理大学公共卫生学院, 云南 大理

收稿日期: 2026年7月21日; 录用日期: 2026年8月14日; 发布日期: 2026年8月24日

摘 要

立克次体属(*Rickettsia*)细菌是一类专性细胞内寄生的革兰阴性菌, 部分种类可经吸血节肢动物传播, 并引起斑点热、斑疹伤寒等人兽共患病。蝙蝠分布广泛, 其体表可寄生软蜱、硬蜱、蝠蝇和螨类等多类节肢动物。近年来, 国内外研究已在多种蝙蝠的血液和组织样本中检出立克次体DNA, 部分血清学调查亦发现蝙蝠血清对立克次体抗原具有反应性; 在其相关体外寄生虫中也有多种立克次体检出, 少数软蜱研究还完成了病原分离和全基因组测序。本文综述蝙蝠宿主样本及其体外寄生虫中的立克次体检出情况、检测方法和病原鉴定结果, 并分析现有证据及研究局限, 以期对蝙蝠相关立克次体研究提供参考。

关键词

蝙蝠, 体外寄生虫, 立克次体, 人兽共患病

Research Progress on *Rickettsia* Detected in Bats and Their Ectoparasites

Song Wu, Yunzhi Zhang

School of Public Health, Dali University, Dali Yunnan

Received: July 21, 2026; accepted: August 14, 2026; published: August 24, 2026

Abstract

Bacteria of the genus *Rickettsia* are obligate intracellular Gram-negative bacteria. Some species can be transmitted by blood-feeding arthropods and cause zoonotic diseases such as typhus and spotted fever. Bats are widely distributed and are parasitized by various arthropods, including soft ticks, hard ticks, bat flies, and mites. In recent years, studies worldwide have detected *Rickettsia* DNA in blood and tissue samples from multiple bat species, while serological surveys have also demonstrated reactivity of bat sera to *Rickettsia* antigens. Various *Rickettsia* species have also been detected in bat-

文章引用: 吴松, 张云智. 蝙蝠及其体外寄生虫携带立克次体研究进展[J]. 医学诊断, 2026, 16(4): 462-471.

DOI: 10.12677/md.2026.164061

associated ectoparasites, and a few studies on soft ticks have successfully isolated rickettsiae and completed whole-genome sequencing. This review summarizes the detection of *Rickettsia* in bat host samples and their associated ectoparasites, with emphasis on detection methods and pathogen identification, and analyzes the interpretation and limitations of the available evidence, aiming to provide a reference for research on bat-associated *Rickettsia*.

Keywords

Bats, Ectoparasites, *Rickettsia*, Zoonoses

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

蝙蝠是物种多样、分布广泛的哺乳动物类群, 部分种类具有群居或迁徙习性, 并可利用洞穴或人工建筑等环境作为栖息地[1]。蝙蝠体表常寄生蜱、蝇、蚤和螨等节肢动物, 其中部分种类对蝙蝠具有较强的宿主依赖性[2]。既往蝙蝠相关病原体研究多集中于病毒, 对细菌性病原的关注相对较少, 尤其缺乏对细菌在蝙蝠宿主及其体外寄生虫中分布情况的系统认识[3]。立克次体属(*Rickettsia*)细菌是一类专性细胞内寄生的革兰阴性菌, 与蜱、蚤、虱和螨等多类节肢动物关系密切。根据抗原特征和系统发育关系, 通常将其划分为祖先群(ancestral group, AG)、斑疹伤寒群(typhus group, TG)、过渡群(transitional group, TRG)和斑点热群(spotted fever group, SFG) 4 个主要类群, 其中部分立克次体物种可引起斑点热、斑疹伤寒等人兽共患病[4]-[6]。蝙蝠及其体外寄生虫均已成为野生动物立克次体调查的对象, 对二者开展研究, 有助于补充对立克次体宿主分布、遗传多样性及地理分布的认识。

现有综述表明, 蝙蝠细菌性病原研究在地域和病原类群覆盖方面仍不均衡[7]。国内外已陆续在蝙蝠血液和组织样本中检出立克次体 DNA 或相关序列, 部分血清学调查还发现蝙蝠血清对立克次体抗原具有反应性[8]-[15]; 蝙蝠相关软蜱、硬蜱、蝇和螨类中亦有立克次体核酸检出的报道[16]-[20]。多数研究主要采用 PCR 扩增结合目标基因片段测序进行检测和初步鉴定, 部分研究进一步开展了多基因分析, 少数研究从蝙蝠相关软蜱中获得了立克次体分离株并且进行了全基因组测序[21][22]。然而, 由于不同研究在样本类型、检测靶基因、扩增片段长度及鉴定依据等方面存在差异, 相关结果的病原鉴定层级并不一致, 部分仅能鉴定至属或群水平, 另一些则只能判定为与某些已知立克次体近缘的序列。

现有研究多分别针对蝙蝠宿主或其体外寄生虫开展横断面调查, 同步采集并配对检测二者的研究相对较少。仅凭蝙蝠宿主或体外寄生虫样本中的立克次体核酸检出, 尚不足以判定蝙蝠是否为相应立克次体的储存宿主, 也不能据此认定相关体外寄生虫具备自然传播能力。因此, 本文分别梳理蝙蝠宿主样本和蝙蝠相关体外寄生虫中的立克次体研究, 重点归纳调查地区、宿主与体外寄生虫种类、样本类型、检测方法以及病原鉴定结果, 并总结现有研究的进展与局限。

2. 蝙蝠宿主样本中立克次体检出报道

现有蝙蝠宿主样本中的立克次体调查已涉及亚洲、欧洲、非洲和美洲多个国家和地区, 样本类型包括血液、脾脏、心脏及其他组织、血清, 以及口腔和直肠拭子等(表 1)。相关研究主要采用 PCR 扩增结合序列分析进行检测和鉴定, 部分研究还采用间接免疫荧光试验开展血清学调查。已报道结果涉及祖先群、

斑疹伤寒群、过渡群和斑点热群立克次体, 也包括未定种及仅鉴定至属水平的立克次体。由于不同研究所采用的检测靶基因、扩增片段长度和鉴定依据存在差异, 相关结果的病原鉴定层级并不一致。

Table 1. Global reports of *Rickettsia* detection in bat host samples
表 1. 全球范围内蝙蝠宿主样本中立克次体检出报道

类群	立克次体种/相关序列	宿主动物	样本类型	检测方法	检出情况	研究地区
祖先群 (AG)	贝氏立克次体(<i>R. bellii</i>)	巴西无尾蝠 (<i>Tadarida brasiliensis</i>)	肝、脾	PCR ^a 、PCR ^b	1/61	阿根廷[24]
斑疹伤寒群 (TG)	斑疹伤寒立克次体 (<i>R. typhi</i>)近缘序列	牙买加果蝠 (<i>Artibeus jamaicensis</i>)	脾	PCR ^b	1/22	墨西哥[11]
	帕克立克次体(<i>R. parkeri</i>)	北方小黄耳蝠 (<i>Vampyressa thuyone</i>)	肺	PCR ^b	n = 1	哥伦比亚[23]
	卢西塔尼亚立克次体 (<i>R. lusitaniae</i>)		心、肝、肾		1/54	
	帕克立克次体(<i>R. parkeri</i>)	普通伏翼 (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	心、肝、小肠	PCR ^a	1/54	中国新疆[8]
	斯洛伐克立克次体 (<i>R. slovacae</i>)		肺、肾		2/54	
	劳氏立克次体(<i>R. raoultii</i>)		肝		2/54	
	摩纳哥立克次体 (<i>R. monacensis</i>)	褐山蝠(<i>Nyctalus noctula</i>)			12/188	
		普通伏翼 (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)			5/55	
		褐山蝠(<i>Nyctalus noctula</i>)			22/188	
		普通伏翼 (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)			13/55	
		阿尔卡托鼠耳蝠 (<i>Myotis alcathoe</i>)	心	PCR ^a	5/12	罗马尼亚[9]
斑点热群 (SFG)	斑点热群立克次体 DNA (未定种)	纳氏伏翼 (<i>Pipistrellus nathusii</i>)			4/25	
		大耳蝠(<i>Plecotus auritus</i>)			1/6	
		双色蝙蝠 (<i>Vespertilio murinus</i>)			1/4	
		高音伏翼 (<i>Pipistrellus pygmaeus</i>)			1/2	
		纳塔尔长翼蝠 (<i>Miniopterus natalensis</i>)				
		埃及裂颜蝠 (<i>Nycteris thebaica</i>)				
	康氏立克次体 (<i>R. conorii</i>)近缘序列	瓦氏肩毛果蝠 (<i>Epomophorus wahlbergi</i>)	血	PCR ^b 、PCR ^d	6/384	南非[10]
		非洲黄蝠 (<i>Scotophilus dinganii</i>)				
		杂色蝙蝠 (<i>Glauconycteris variegata</i>)				

续表

	非洲立克次体 (<i>R. africae</i>)近缘序列	牙买加果蝠 (<i>Artibeus jamaicensis</i>)	血	PCR ^a 、PCR ^a	2/34	圣基茨岛[12]
		美洲林蝠(<i>Ardops nichollsi</i>)			1/25	
	立氏立克次体 (<i>R. rickettsii</i>)近缘序列	牙买加果蝠 (<i>Artibeus jamaicensis</i>)	脾	PCR ^a 、PCR ^b	4/22	墨西哥[11]
	立氏立克次体 (<i>R. rickettsii</i>)	中美鼠耳蝠(<i>Myotis keaysi</i>)	肝	PCR ^a 、PCR ^b	1/2	
安第斯候选立克次体 (<i>Ca. R. andeanae</i>)		小银线蝠 (<i>Saccopteryx leptura</i>)	心	PCR ^a 、PCR ^b 、 PCR ^c	n = 1	哥伦比亚[23]
		海勒白线蝠 (<i>Platyrrhinus helleri</i>)	肾	PCR ^b	1/5	
		北方小黄耳蝠 (<i>Vampyressa thuyone</i>)	心、肝	PCR ^b	1/2	
	斑点热群立克次体 抗原血清反应	大棕蝠(<i>Eptesicus fuscus</i>)	血清	IFA	1/56	美国[13]
	斑点热群立克次体 抗原血清反应	20 种蝙蝠	血清	IFA	46/451	巴西[14]
过渡群 (TRG)	猫立克次体(<i>R. felis</i>) 近缘序列	牙买加果蝠 (<i>Artibeus jamaicensis</i>)	脾	PCR ^a 、PCR ^b	4/22	墨西哥[11]
	猫立克次体(<i>R. felis</i>)	间叶蝠 (<i>Mesophylla macconnelli</i>)	心	PCR ^b 、PCR ^c	n = 1	哥伦比亚[23]
未定群	立克次体属未定种 (<i>R. spp.</i>)	布氏鼠耳蝠(<i>Myotis brandtii</i>)			2/40	
		大耳蝠(<i>Plecotus auritus</i>)			1/40	
		须鼠耳蝠(<i>Myotis mystacinus</i>)	口腔和直肠拭子	PCR ^d	1/40	塞尔维亚[15]
		欧洲宽耳蝠 (<i>Barbastella barbastellus</i>)			1/40	

注：PCR^a表示常规聚合酶链式反应；PCR^b表示巢式聚合酶链式反应；PCR^c表示半巢式聚合酶链式反应；PCR^d表示实时荧光聚合酶链式反应；IFA表示间接免疫荧光试验；Ca.表示候选种(Candidatus)；n = 1表示原文仅报告 1 份阳性样本，未提供相应宿主的检测总数。

从现有分子检测结果看，蝙蝠宿主样本中的报道以斑点热群立克次体为主，包括帕克立克次体(*Rickettsia parkeri*)、卢西塔尼亚立克次体(*Rickettsia lusitaniae*)、斯洛伐立克次体(*Rickettsia slovaca*)、劳氏立克次体(*Rickettsia raoultii*)、摩纳哥立克次体(*Rickettsia monacensis*)、立氏立克次体(*Rickettsia rickettsii*)和安第斯候选立克次体(*Candidatus Rickettsia andeanae*)等，也包括与康氏立克次体(*Rickettsia conorii*)、非洲立克次体(*Rickettsia africae*)和立氏立克次体近缘的序列及未定种斑点热群立克次体[8]-[12] [23]。斑疹伤寒群和过渡群的报道相对较少，主要包括牙买加果蝠(*Artibeus jamaicensis*)脾脏样本中与斑疹伤寒立克次体(*Rickettsia typhi*)和猫立克次体(*Rickettsia felis*)近缘的序列[11]，以及哥伦比亚间叶蝠(*Mesophylla macconnelli*)心脏样本中检出的猫蚤立克次体[23]。祖先群相关报道仅见于阿根廷巴西无尾蝠(*Tadarida brasiliensis*)组织样本中检出的贝氏立克次体群(*Rickettsia bellii* group)相关序列[24]。此外，塞尔维亚研究在蝙蝠口腔和直肠拭子中检出立克次体属实时荧光 PCR 阳性信号，但未获得可供进一步鉴定的有效序列[15]。

与分子检测相比，蝙蝠立克次体血清学研究相对较少。美国、巴西和哥伦比亚的调查发现，部分蝙

蝠血清可与斑点热群立克次体抗原发生反应,但受抗原交叉反应影响,此类结果通常只能提示既往暴露,不能据此确定具体感染种类。总体而言,现有研究仍以横断面分子检测为主,研究对象、样本类型和病原鉴定水平尚不统一,且尚未见从蝙蝠血液或组织样本中成功分离立克次体的公开报道。

3. 蝙蝠相关体外寄生虫中立克次体检出报道

现有研究已在蝙蝠相关软蜱、硬蜱、蝠蝇和螨类中检出立克次体,蚤类中则仅见种特异性实时荧光PCR阳性记录[25](表2)。已报道的立克次体以斑点热群为主,另涉及祖先群和过渡群相关类群,包括已命名种、候选种、近缘序列及未定种立克次体。相关研究多采用PCR扩增结合序列分析进行检测和鉴定。

Table 2. Global reports of *Rickettsia* detection in bat-associated ectoparasites

表 2. 全球范围内蝙蝠相关体外寄生虫中立克次体检出报道

类群	立克次体种	体外寄生虫	宿主动物/采集来源	检测方法	国家/地区
祖先群 (AG)	贝氏样立克次体 (<i>R. bellii</i> -like taxon)	凯利蝙蝠软蜱 (<i>Alectorobius kelleyi</i>)	大棕蝠 (<i>Eptesicus fuscus</i>)	PCR ^a	美国[17]
	劳氏立克次体 (<i>R. raoultii</i>)	蝙蝠锐缘蜱 (<i>Argas vespertilionis</i>)	普通伏翼 (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	PCR ^a	中国新疆[8]
	立氏立克次体 (<i>R. rickettsii</i>)				
斑点热群 (SFG)		蝙蝠锐缘蜱 (<i>Argas vespertilionis</i>)	双色蝙蝠 (<i>Vespertilio murinus</i>)	PCR ^d	中国[16]
	赫尔维希立克次体 (<i>R. helvetica</i>)	蓖子硬蜱(<i>Ixodes ricinus</i>)	小菊头蝠 (<i>Rhinolophus hipposideros</i>)	PCR ^a 、PCR ^c	波兰[26]
			大鼠耳蝠 (<i>Myotis myotis</i>)	PCR ^a 、PCR ^c	
	日本立克次体 <i>argasii</i> 株 (<i>R. japonica</i> strain <i>argasii</i>)	德氏蝙蝠软蜱 (<i>Argas dewae</i>)	古氏垂耳蝠 (<i>Chalinolobus gouldii</i>)	PCR ^c 、PCR ^d 、 分离培养、WGS	澳大利亚[22]
	斯洛伐克立克次体 (<i>R. slovacae</i>)近缘序列	跨加里平软蜱 (<i>Secretargas transgaripepinus</i>)	赫氏长耳蝠 (<i>Otonycteris hemprichii</i>)	PCR ^a 、PCR ^d	约旦[27]
祖先群 (AG)	斯洛伐克立克次体 (<i>R. slovacae</i>)	简蝠硬蜱(<i>Ixodes simplex</i>)	缺耳鼠耳蝠 (<i>Myotis emarginatus</i>)	PCR ^a	西班牙[18]
	埃施利曼立克次体 (<i>R. aeschlimannii</i>)	简蝠硬蜱(<i>Ixodes simplex</i>)	施氏长翼蝠 (<i>Miniopterus schreibersii</i>)	PCR ^a	西班牙[18]
	非洲立克次体 (<i>R. africae</i>)	蝙蝠锐缘蜱 (<i>Argas vespertilionis</i>)	池鼠耳蝠 (<i>Myotis dasycneme</i>)	PCR ^a 、PCR ^d	匈牙利[16]
	孔雀立克次体 (<i>R. peacockii</i>)	凯利蝙蝠软蜱 (<i>Alectorobius kelleyi</i>)	大棕蝠 (<i>Eptesicus fuscus</i>)	PCR ^a	美国[17]
	霍尼立克次体 (<i>R. honei</i>)	锐缘蜱未定种 (<i>Argas</i> sp. “rousetti”)	莱氏果蝠 (<i>Rousettus leschenaultii</i>)	PCR ^a	斯里兰卡[28]
			白腹渔蝠 (<i>Noctilio albiventris</i>)	PCR ^a 、PCR ^d	法属圭亚那[29]
	维斯曼候选立克次体 (<i>Ca. R. wissemanii</i>)	哈氏钝缘蜱 (<i>Ornithodoros hasei</i>)	大兔唇蝠 (<i>Noctilio leporinus</i>)	PCR ^a 、PCR ^d	巴西[30]
			小棕蝠 (<i>Eptesicus diminutus</i>)	PCR ^a	阿根廷[31]

续表

斑点热群 (SFG)	尼科亚候选立克次体 (<i>Ca. R. nicoyana</i>)	诺克斯琼斯钝缘蜱 (<i>Ornithodoros knoxjonesi</i>)	皱唇鞘尾蝠 (<i>Balantiopteryx plicata</i>)	PCR ^a 、 分离培养	哥斯达黎加[21]
	安第斯候选立克次体 (<i>Ca. R. andeanae</i>)	约布林毛蝠蝇 (<i>Trichobius joblingi</i>)	短尾叶鼻蝠 (<i>Carollia perspicillata</i>)	PCR ^a	巴西[19]
	斑点热群立克次体 DNA (未定种)	蝙蝠卡里奥软蜱 (<i>Carios vespertilionis</i>)	长耳蝠 (<i>Plecotus auritus</i>)	PCR ^b	英国[32]
		钝缘蜱属未定种 (<i>Ornithodoros</i> sp.)	皱唇鞘尾蝠 (<i>Balantiopteryx plicata</i>)	PCR ^a 、PCR ^d	墨西哥[16]
	卢西塔尼亚立克次体 (<i>R. lusitaniae</i>)	蝙蝠锐缘蜱 (<i>Argas vespertilionis</i>)	宿主未逐条明确 (蝙蝠相关软蜱)	PCR ^a 、PCR ^d	中国[16]
		尤马钝缘蜱 (<i>Ornithodoros yumatensis</i>)	普通吸血蝠 (<i>Desmodus rotundus</i>)	PCR ^a	墨西哥尤卡坦[33]
TRG (过渡群)	霍氏立克次体 (<i>R. hoogstraalii</i>)	跨加里平软蜱 (<i>Secretargas transgaripepinus</i>)	宿主来源不明 (蝙蝠相关软蜱)	PCR ^c 、PCR ^a	南非[16]
			长尾棕蝠 (<i>Eptesicus hottentotus</i>)	PCR ^a	纳米比亚[34]

注：PCR^a表示常规聚合酶链式反应；PCR^b表示巢式聚合酶链式反应；PCR^c表示半巢式聚合酶链式反应；PCR^d表示实时荧光聚合酶链式反应；WGS表示全基因组测序；Ca.表示候选种(Candidatus)。文献[16]涉及多个国家和地区，表中研究地区按各阳性样本的实际来源国家列示。“宿主来源不明”表示原文未明确记录相应体外寄生虫的具体蝙蝠宿主；“宿主未逐条明确”表示原文未将阳性体外寄生虫与具体蝙蝠宿主逐一对应。

软蜱是目前相关报道最多的体外寄生虫类群，已检出的立克次体包括劳氏立克次体(*R. raoultii*)、立氏立克次体(*Rickettsia rickettsii*)、赫尔维希立克次体(*R. helvetica*)、非洲立克次体近缘基因型(*R. africae*-like genotype)和卢西塔尼亚立克次体(*R. lusitaniae*)等，也包括若干候选种和未定种立克次体[8] [16]。除分子检测外，少数研究已成功分离获得立克次体。2017年，Moreira-Soto等从寄生于皱唇鞘尾蝠(*Balantiopteryx plicata*)的诺克斯琼斯钝缘蜱(*Ornithodoros knoxjonesi*)幼虫中分离获得尼科亚候选立克次体(*Candidatus Rickettsia nicoyana*)，并结合多个基因进行鉴定[21]。2018年，Izzard等从德氏蝙蝠软蜱(*Argas dewae*)中分离获得日本立克次体 *argasii* 株(*R. japonica* strain *argasii*)，并进一步完成多基因分析和全基因组测序[22]。

蝙蝠相关硬蜱中的报道相对较少，已在简蝠硬蜱(*Ixodes simplex*)中检出斯洛伐克立克次体(*Rickettsia slovaca*)、埃施利曼立克次体(*Rickettsia aeschlimannii*)及其他斑点热群相关序列[18]；Piksa等在分别寄生于小菊头蝠(*Rhinolophus hipposideros*)和大鼠耳蝠(*Myotis myotis*)的蓖子硬蜱(*Ixodes ricinus*)中检出赫尔维希立克次体 DNA [26]。除蜱类外，约布林毛蝠蝇(*Trichobius joblingi*)中检出安第斯候选立克次体(*Ca. R. andeanae*)相关序列[19]，翼螨(*Spinturnix myoti*)中检出未定种斑点热群立克次体 DNA [20]；褐山蝠(*Nyctalus noctula*)来源的夜蝠蚤(*Nycteridopsylla eusarca*)中则检出赫尔维希立克次体特异性实时荧光 PCR 阳性信号，但未进行序列验证[25]。

4. 总结与展望

目前，研究已在多种蝙蝠样本及其相关软蜱、硬蜱、蝠蝇和螨类中检出立克次体，但血清学、病原分离和全基因组证据仍较少。现有发现拓展了对其检出范围和遗传多样性的认识，但蝙蝠-体外寄生虫间的自然循环、相关体外寄生虫的传播能力及其公共卫生意义尚未明确(图 1)。

不同检测方法提供的证据强度并不相同。PCR 阳性主要表明样本中存在立克次体核酸，实时荧光 PCR 结果还需结合扩增效率、对照设置和检测规范进行判断[35]；单一短基因片段通常仅支持属或群水平归类

及近缘关系分析, 难以作为可靠的种水平鉴定依据[36]。血清学阳性主要提示宿主曾暴露于相关抗原, 但可能受到交叉反应影响[37]。病原分离可为活菌存在提供更直接的证据, 结合多基因分析或全基因组测序能够提高病原鉴定的可靠性[33] [34]。少数研究同时检测了蝙蝠及其体外寄生虫。新疆研究在普通伏翼(*Pipistrellus pipistrellus*)组织和蝙蝠锐缘蜱(*Argas vespertilionis*)中均检出劳氏立克次体(*R. raoultii*), 且部分基因序列高度一致[8]; 波兰和西班牙研究分别在鼠耳蝠(*Spinturnix myoti*)或简蝠硬蜱(*Ixodes simplex*)中检出立克次体, 但同期蝙蝠血液均为阴性[18] [20]; 另有研究发现蝙蝠血液阳性而体外寄生虫阴性[10]。这些结果仅提示二者可能存在病原学关联, 尚不能确定病原来源、维持机制及传播方向。

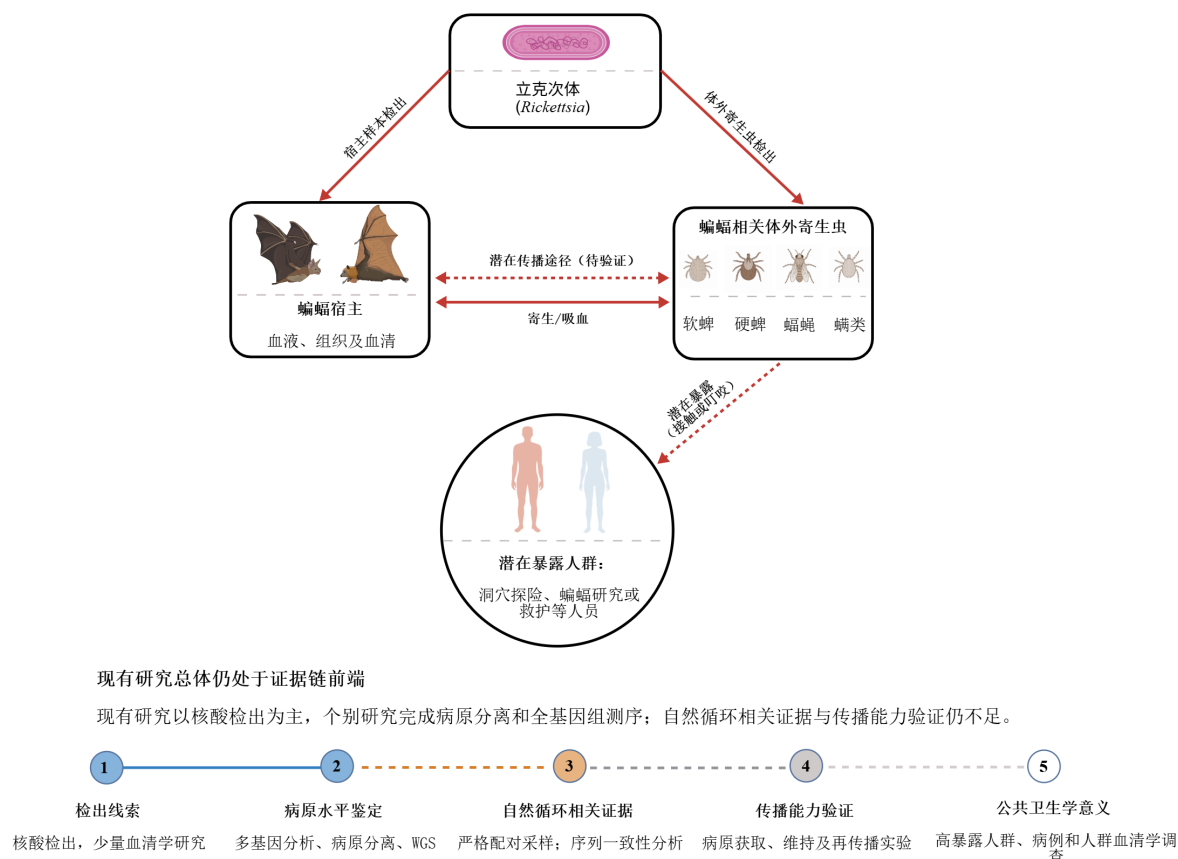


Figure 1. Potential ecological associations of *Rickettsia* with bats and bat-associated ectoparasites, together with the position of current research within the evidence chain

图 1. 蝙蝠及其相关体外寄生虫与立克次体的潜在生态联系及现有研究在证据链中的位置

现有研究仍以横断面分子检测为主, 严格配对采样和纵向监测较少, 并存在样本量有限、混池检测及鉴定标准不统一等问题。目前尚未见从蝙蝠血液或组织中成功分离立克次体的公开报道, 针对高暴露人群的风险评估和感染证据也较为缺乏。因此, 相关研究总体仍处于病原检出和初步鉴定阶段; 蝙蝠样本核酸阳性不足以证明其为储存宿主, 体外寄生虫中的核酸阳性或病原分离也不能单独证明其具备自然传播能力[38] [39]。

为进一步建立从病原确认、自然循环解析到人群风险评估的完整证据链, 未来研究可以从以下三个方面推进:

第一, 生态学层面, 应以单只蝙蝠及其体外寄生虫为配对单元, 开展规范化同步采样和纵向监测, 结合病原负荷和序列一致性分析, 识别稳定的宿主-体外寄生虫-立克次体关联; 对反复检出的组合进

一步开展病原分离、感染维持及传播能力相关实验,以明确潜在自然循环及相关体外寄生虫的传播能力。

第二,病原学层面,应加强病原分离、多基因分析和全基因组测序,提高种水平鉴定和系统发育定位的可靠性;结合病原负荷、组织嗜性和比较基因组分析,进一步评估相关立克次体的遗传特征及潜在致病性,并对获得的分离株开展生物学特性和致病性研究。

第三,公共卫生层面,应针对洞穴探险者、蝙蝠研究者及野生动物救护人员等高暴露人群开展暴露风险评估和规范化血清学调查,并结合暴露史、临床资料和病原学检测获取潜在人群感染证据。对于疑似相关病例,可通过比较人源、蝙蝠和体外寄生虫来源序列开展分子流行病学关联分析。

基金项目

大理大学人兽共患病跨境防控及检疫创新团队(ZKPY2019302)资助。

参考文献

- [1] Hayman, D.T.S., Bowen, R.A., Cryan, P.M., McCracken, G.F., O'Shea, T.J., Peel, A.J., *et al.* (2013) Ecology of Zoonotic Infectious Diseases in Bats: Current Knowledge and Future Directions. *Zoonoses and Public Health*, **60**, 2-21. <https://doi.org/10.1111/zph.12000>
- [2] Szentiványi, T., Christe, P. and Glaizot, O. (2019) Bat Flies and Their Microparasites: Current Knowledge and Distribution. *Frontiers in Veterinary Science*, **6**, Article ID: 115. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00115>
- [3] Ferreira, A.C.R., Colucho, R.A.B., Pereira, C.R., Veira, T.M., Gregorin, R., Lage, A.P., *et al.* (2024) Zoonotic Bacterial Pathogens in Bats Samples around the World: A Scoping Review. *Preventive Veterinary Medicine*, **225**, Article 106135. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2024.106135>
- [4] Weinert, L.A., Werren, J.H., Aebi, A., Stone, G.N. and Jiggins, F.M. (2009) Evolution and Diversity of *Rickettsia* Bacteria. *BMC Biology*, **7**, Article No. 6. <https://doi.org/10.1186/1741-7007-7-6>
- [5] Parola, P., Paddock, C.D., Socolovschi, C., Labruna, M.B., Mediannikov, O., Kernif, T., *et al.* (2013) Update on Tick-Borne Rickettsioses around the World: A Geographic Approach. *Clinical Microbiology Reviews*, **26**, 657-702. <https://doi.org/10.1128/cmr.00032-13>
- [6] Blanton, L.S. (2019) The Rickettsioses: A Practical Update. *Infectious Disease Clinics of North America*, **33**, 213-229. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2018.10.010>
- [7] Szentivanyi, T., McKee, C., Jones, G. and Foster, J.T. (2023) Trends in Bacterial Pathogens of Bats: Global Distribution and Knowledge Gaps. *Transboundary and Emerging Diseases*, **2023**, 1-17. <https://doi.org/10.1155/2023/9285855>
- [8] Zhao, S., Yang, M., Liu, G., Hornok, S., Zhao, S., Sang, C., *et al.* (2020) Rickettsiae in the Common Pipistrelle *Pipistrellus pipistrellus* (Chiroptera: Vespertilionidae) and the Bat Soft Tick *Argas vespertilionis* (Ixodida: Argasidae). *Parasites & Vectors*, **13**, Article No. 10. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-3885-x>
- [9] Matei, I.A., Corduneanu, A., Sándor, A.D., Ionică, A.M., Panait, L., Kalmár, Z., *et al.* (2021) *Rickettsia* spp. in Bats of Romania: High Prevalence of *Rickettsia monacensis* in Two Insectivorous Bat Species. *Parasites & Vectors*, **14**, Article No. 107. <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04592-x>
- [10] Dietrich, M., Tjale, M.A., Weyer, J., Kearney, T., Seemark, E.C.J., Nel, L.H., *et al.* (2016) Diversity of *Bartonella* and *Rickettsia* spp. in Bats and Their Blood-Feeding Ectoparasites from South Africa and Swaziland. *PLOS ONE*, **11**, e0152077. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152077>
- [11] Lugo-Caballero, C., Torres-Castro, M., López-Ávila, K., Hernández-Betancourt, S., Noh-Pech, H., Tello-Martín, R., *et al.* (2021) Molecular Identification of Zoonotic *Rickettsia* Species Closely Related to *R. typhi*, *R. felis*, & *R. rickettsii* in Bats from Mexico. *Indian Journal of Medical Research*, **154**, 536-538. https://doi.org/10.4103/ijmr.ijmr_1083_19
- [12] Reeves, W.K., Beck, J., Orlova, M.V., Daly, J.L., Pippin, K., Revan, F., *et al.* (2016) Ecology of Bats, Their Ectoparasites, and Associated Pathogens on Saint Kitts Island. *Journal of Medical Entomology*, **53**, 1218-1225. <https://doi.org/10.1093/jme/tjw078>
- [13] Reeves, W.K., Streicker, D.G., Loftis, A.D. and Dasch, G.A. (2006) Serologic Survey of *Eptesicus fuscus* from Georgia, U.S.A. for *Rickettsia* and *Borrelia* and Laboratory Transmission of a *Rickettsia* by Bat Ticks. *Journal of Vector Ecology*, **31**, 386-389. [https://doi.org/10.3376/1081-1710\(2006\)31\[386:ssoeff\]2.0.co;2](https://doi.org/10.3376/1081-1710(2006)31[386:ssoeff]2.0.co;2)
- [14] D'Auria, S.R.N., Camargo, M.C.G.O., Pacheco, R.C., Savani, E.S.M.M., Dias, M.A.G., da Rosa, A.R., *et al.* (2010) Serologic Survey for Rickettsiosis in Bats from São Paulo City, Brazil. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, **10**, 459-463. <https://doi.org/10.1089/vbz.2009.0070>

- [15] Vidanović, D., Vasković, N., Dmitrić, M., Tešović, B., Debeljak, M., Stojanović, M., *et al.* (2025) Identification and Characterization of Viral and Bacterial Pathogens in Free-Living Bats of Kopaonik National Park, Serbia. *Veterinary Sciences*, **12**, Article 401. <https://doi.org/10.3390/vetsci12050401>
- [16] Hornok, S., Szőke, K., Meli, M.L., Sándor, A.D., Görföl, T., Estók, P., *et al.* (2019) Molecular Detection of Vector-Borne Bacteria in Bat Ticks (Acari: Ixodidae, Argasidae) from Eight Countries of the Old and New Worlds. *Parasites & Vectors*, **12**, Article No. 50. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3303-4>
- [17] Occi, J.L., Price, D.C., Hall, M., Campbell, V., Stronsick, S., Sullivan, C.F., *et al.* (2023) Rickettsia and Relapsing Fever Borrelia in *Alectorobius kelleyi* (Ixodida: Argasidae) from Peri Domestic Bats in the Northeastern United States. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, **14**, Article 102157. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2023.102157>
- [18] Moraga-Fernández, A., Sánchez-Sánchez, M., Muñoz-Hernández, C., Pardavila, X., Sereno-Cadierno, J., Queirós, J., *et al.* (2024) Beware with the Backpack! New Hosts and Pathogens Identified for *Ixodes simplex* Ticks Collected from Bats in the Iberian Peninsula. *Research in Veterinary Science*, **176**, Article 105316. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2024.105316>
- [19] do Amaral, R.B., Lourenço, E.C., Famadas, K.M., Garcia, A.B., Machado, R.Z. and André, M.R. (2018) Molecular Detection of *Bartonella* spp. and *Rickettsia* spp. in Bat Ectoparasites in Brazil. *PLOS ONE*, **13**, e0198629. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198629>
- [20] Szubert-Kruszyńska, A., Stańczak, J., Cieniuch, S., Podsiadły, E., Postawa, T. and Michalik, J. (2019) *Bartonella* and *Rickettsia* Infections in Haematophagous *Spinturnix myoti* Mites (Acari: Mesostigmata) and Their Bat Host, *Myotis myotis* (Yangochiroptera: Vespertilionidae), from Poland. *Microbial Ecology*, **77**, 759-768. <https://doi.org/10.1007/s00248-018-1246-5>
- [21] Moreira-Soto, R.D., Moreira-Soto, A., Corrales-Aguilar, E., Calderón-Arguedas, Ó. and Troyo, A. (2017) ‘*Candidatus Rickettsia nicoyana*’: A Novel Rickettsia Species Isolated from *Ornithodoros knoxjonesi* in Costa Rica. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, **8**, 532-536. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2017.02.015>
- [22] Izzard, L., Chung, M., Dunning Hotopp, J., Vincent, G., Paris, D., Graves, S., *et al.* (2018) Isolation of a Divergent Strain of *Rickettsia japonica* from Dew’s Australian Bat Argasid Ticks (*Argas (Carios) dewae*) in Victoria, Australia. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, **9**, 1484-1488. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2018.07.007>
- [23] Alvarez-Londoño, J., Martínez-Sánchez, E.T., Aristizábal-Mier, M., Orozco-Piedrahita, L.M., Faccini-Martínez, Á.A., Serpa, M.C.A., *et al.* (2025) Serologic and Molecular Survey for *Rickettsia* in Small Mammals in the Andes of Colombia. *Acta Tropica*, **264**, Article 107589. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2025.107589>
- [24] Cicuttin, G.L., De Salvo, M.N., La Rosa, I. and Dohmen, F.E.G. (2017) *Neorickettsia risticii*, *Rickettsia* sp. and *Bartonella* sp. in *Tadarida brasiliensis* Bats from Buenos Aires, Argentina. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, **52**, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2017.04.004>
- [25] Hornok, S., Kovács, R., Meli, M.L., Gönczi, E., Hofmann-Lehmann, R., Kontschán, J., *et al.* (2012) First Detection of *Bartonellae* in a Broad Range of Bat Ectoparasites. *Veterinary Microbiology*, **159**, 541-543. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2012.04.003>
- [26] Piksa, K., Stańczak, J., Biernat, B., Górz, A., Nowak-Chmura, M. and Siuda, K. (2016) Detection of *Borrelia burgdorferi* Sensu Lato and Spotted Fever Group *Rickettsiae* in Hard Ticks (Acari, Ixodidae) Parasitizing Bats in Poland. *Parasitology Research*, **115**, 1727-1731. <https://doi.org/10.1007/s00436-016-4936-2>
- [27] Ševčík, M., Špitalská, E., Maliterná, M., Kabát, P. and Benda, P. (2024) First Records of *Secretargas transgaripepinus* (Argasidae) in Libya and Jordan: Corrections of Collection Records and Detection of Microorganisms. *Parasitology Research*, **123**, Article No. 223. <https://doi.org/10.1007/s00436-024-08239-5>
- [28] Ullah, H., Kontschán, J., Takács, N., Wijnveld, M., Schötta, A., Boldogh, S.A., *et al.* (2019) A New *Rickettsia honei*-Related Genotype, Two Novel Soft Tick Haplotypes and First Records of Three Mite Species Associated with Bats in Pakistan. *Systematic and Applied Acarology*, **24**, 2106-2118. <https://doi.org/10.11158/saa.24.11.6>
- [29] Tahir, D., Socolovschi, C., Marié, J.-L., Ganay, G., Berenger, J.-M., Bompar, J.-M., *et al.* (2016) New *Rickettsia* Species in Soft Ticks *Ornithodoros hasei* Collected from Bats in French Guiana. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, **7**, 1089-1096. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2016.09.004>
- [30] Júnior, L.F.D., Cunha, I.N., Jorge, F.R., Gracioli, G., Bassini-Silva, R., Jacinavicius, F.D.C., *et al.* (2025) Vector-Borne Bacteria Detected in Ticks, Mites and Flies Parasitizing Bats in the State of Rondônia, Brazilian Amazon. *Pathogens*, **14**, Article 338. <https://doi.org/10.3390/pathogens14040338>
- [31] Colombo, V.C., Montani, M.E., Pavé, R., Antoniazzi, L.R., Gamboa, M.D., Fasano, A.A., *et al.* (2020) First Detection of ‘*Candidatus Rickettsia wissemanni*’ in *Ornithodoros hasei* (Schulze, 1935) (Acari: Argasidae) from Argentina. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, **11**, Article 101442. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2020.101442>
- [32] Lv, J., Fernández de Marco, M.D.M., Gohariz, H., Phipps, L.P., McElhinney, L.M., Hernández-Triana, L.M., *et al.* (2018) Detection of Tick-Borne Bacteria and Babesia with Zoonotic Potential in *Argas (Carios) Vespertilionis* (Latreille,

- 1802) Ticks from British Bats. *Scientific Reports*, **8**, Article No. 1865. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20138-1>
- [33] Sánchez-Montes, S., Guzmán-Cornejo, C., Martínez-Nájera, Y., Becker, I., Venzal, J.M. and Labruna, M.B. (2016) *Rickettsia lusitaniae* Associated with *Ornithodoros yumatensis* (Acari: Argasidae) from Two Caves in Yucatan, Mexico. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, **7**, 1097-1101. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2016.09.003>
- [34] Reeves, W.K., Mans, B.J., Durden, L.A., Miller, M.M., Gratton, E.M. and Lavery, T.M. (2020) *Rickettsia hoogstraalii* and a *Rickettsiella* from the Bat Tick *Argas transgaripepinus*, in Namibia. *Journal of Parasitology*, **106**, 663-669. <https://doi.org/10.1645/20-46>
- [35] Bustin, S.A., Ruijter, J.M., van den Hoff, M.J.B., Kubista, M., Pfaffl, M.W., Shipley, G.L., *et al.* (2025) MIQE 2.0: Revision of the Minimum Information for Publication of Quantitative Real-Time PCR Experiments Guidelines. *Clinical Chemistry*, **71**, 634-651. <https://doi.org/10.1093/clinchem/hvaf043>
- [36] Perec-Matysiak, A., Buńkowska-Gawlik, K., Tomassone, L. and Hildebrand, J. (2025) Wild Mammals as Hosts of *Rickettsia*: A Molecular Evidence-Based Review. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, **28**, Article 101128. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2025.101128>
- [37] Aita, T., Sando, E., Katoh, S., Hamaguchi, S., Fujita, H. and Kurita, N. (2023) Serological Cross-Reactivity between Spotted Fever and Typhus Groups of *Rickettsia* Infection in Japan. *International Journal of Infectious Diseases*, **130**, 178-181. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2023.03.012>
- [38] Haydon, D.T., Cleaveland, S., Taylor, L.H. and Laurenson, M.K. (2002) Identifying Reservoirs of Infection: A Conceptual and Practical Challenge. *Emerging Infectious Diseases*, **8**, 1468-1473.
- [39] Eisen, L. (2020) Vector Competence Studies with Hard Ticks and *Borrelia burgdorferi* Sensu Lato Spirochetes: A Review. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, **11**, Article 101359. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2019.101359>