

DOI:10.13350/j.cjpb.220113

• 论著 •

气象因素与肾综合征出血热发病关系的 meta 分析

曹云贤,高琦,余凯丽,魏淑淑,韩璐悱,李秀君*

(山东大学公共卫生学院生物统计学系,山东济南 250012)

【摘要】 **目的** 采用 meta 分析方法评价气象因素对肾综合征出血热(hemorrhagic fever with renal syndrome, HFRS)发病人数的影响。**方法** 在中国知网、维普、万方、CBM、Pubmed、Embase、Web of science 数据库检索国内外关于气象因素与肾综合征出血热发病关系的相关文献,按照纳入排除标准筛选文献,进行质量评价和信息提取,利用 Stata 16 软件进行 meta 分析和亚组分析。**结果** 共纳入 14 项研究,基于单滞后效应的环境温度、相对湿度、降雨量和日照时数对 HFRS 发病影响的合并 RR 分别为 1.08(95%CI:1.04-1.12)、1.19(95%CI:0.99-1.43)、1.00(95%CI:1.00-1.01)和 1.50(95%CI:1.06-2.12);基于累积滞后效应的环境温度对 HFRS 发病影响的合并 RR 为 2.41(95%CI:1.16-5.02)。从环境因素指标、研究地点、气候带、性别、数据时间单位和疫区类型等方面对环境温度和相对湿度的效应分别进行亚组分析,结果显示各亚组内异质性均减小,平均环境温度和最低环境温度均与 HFRS 发病显著相关,最低环境温度的影响强于平均环境温度;平均相对湿度和最高相对湿度均与 HFRS 发病显著相关,平均相对湿度的影响强于最高相对湿度;各气象因素对不同地区 HFRS 发病的影响不同,其中对温带地区人群的发病情况影响较大;以日为单位研究的环境温度对 HFRS 发病的影响效应显著,各气象因素对不同类型疫区 HFRS 发病的影响效应不同。**结论** 环境温度、降雨量、日照时数的升高均能增加人群 HFRS 的发病风险。

【关键词】 肾综合征出血热;气象因素;环境温度;相对湿度;meta 分析

【中图分类号】 R512.8

【文献标识码】 A

【文章编号】 1673-5234(2022)01-0059-06

[*Journal of Pathogen Biology*. 2022 Jan;17(1):59-64.]

Meta-analysis of the relationship between meteorological factors and hemorrhagic fever with renal syndrome

CAO Yun-xian, GAO Qi, SHE Kai-li, WEI Shu-shu, HAN Lu-yi, LI Xiu-jun (*Department of Biostatistics, School of Public Health, Shandong University, Jinan 250012, Shandong, China*)*

【Abstract】 **Objective** To evaluate the influence of meteorological factors on the incidence of hemorrhagic fever with renal syndrome by a meta-analysis. **Methods** The relevant literatures on the relationship between meteorological factors and hemorrhagic fever with renal syndrome at home and abroad were searched in CNKI, VIP, Wanfang, CBM, PubMed, Embase and Web of science databases. Screen the literature according to the inclusion and exclusion criteria and then assess the quality of the studies included in this study using the STROBE V4 Checklist Cross-Sectional Statement. Extract the information we need, then meta-analysis and subgroup analysis were performed using Stata 16. **Results** A total of 14 studies were included. The pooled RR of the influence of ambient temperature, relative humidity, rainfall and sunshine hours on hemorrhagic fever with renal syndrome based on single lag effect were 1.08 (95%CI:1.04-1.12), 1.19 (95%CI:0.99-1.43), 1.00 (95%CI:1.00-1.01) and 1.50 (95%CI:1.06-2.12), respectively. The pooled RR of the influence of ambient temperature on hemorrhagic fever with renal syndrome based on cumulative lag effect were 2.41 (95%CI:1.16-5.02). We conducted subgroup analysis based on the following variables to explore the source of heterogeneity: the index of environmental factor, study location, climate zone, gender, time resolution and the type of epidemic area. The results showed that the heterogeneity in each subgroup decreased, the average ambient temperature and minimum ambient temperature were significantly correlated with the incidence of HFRS, and the effect of minimum ambient temperature was stronger than that of average ambient temperature; the average relative humidity and maximum relative humidity were significantly correlated with the incidence of HFRS, and the effect of average relative humidity was stronger than that of maximum relative humidity; meteorological factors have different effects on the incidence of HFRS in different areas and have a great impact on the incidence of HFRS in temperate areas; The ambient temperature studied on a daily time resolution has a significant effect on the incidence of HFRS, and meteorological factors have different effects on the incidence of HFRS in different types of epidemic areas. **Conclusion** The increase of ambient temperature, rainfall and sunshine

* **【通讯作者】** 李秀君, E-mail: xjli@sdu.edu.cn

【作者简介】 曹云贤(1996-), 女, 云南昆明人, 硕士研究生, 主要研究方向为流行病与卫生统计。E-mail: caoyunxiansdu@foxmail.com

hours can increase the risk of HFRS.

【Key words】 hemorrhagic fever with renal syndrome; meteorological factors; ambient temperature; relative humidity; meta-analysis

肾综合征出血热 (hemorrhagic fever with renal syndrome, HFRS) 是一种由汉坦病毒 (Hantaviruses) 引起的, 经啮齿动物传播的自然疫源性疾病。每年全球报道 HFRS 病例数为 15 万~20 万例, 其中大部分发生在中国、韩国和俄罗斯, 以及瑞典和芬兰等北欧国家^[1]。资料表明, 中国是受该病影响最严重的国家之一, 过去几十年报告的病例数约占全球病例总数的 90%^[2], 全国 34 个省级行政区中, 31 个均有该病例报告^[3]。近年来, HFRS 的发病率和病死率呈现增长趋势, 且流行区域逐渐向市区发展^[4]。

研究表明, HFRS 的流行受到环境温度、相对湿度、降雨量、日照时数等气象因素的影响, 在时空分布方面发生着显著变化, 对人群健康造成一定程度的威胁^[5]。现有研究主要集中于环境温度 and 相对湿度对 HFRS 流行的影响, 然而结果并不一致。如在环境温度对 HFRS 发病影响的研究中, Wei 等^[6]认为气温升高会导致 HFRS 发病数的减少, 许勤勤等^[7]认为 HFRS 发病与环境温度呈正相关, 而陈纯等^[8]认为环境温度与 HFRS 发病无统计学关联。其他气象因素对 HFRS 影响的研究结果也存在不一致。基于此, 本研究搜集已发表的相关文献资料进行 meta 分析, 探讨气象因素对 HFRS 发病数的影响, 为 HFRS 防控提供科学依据。

材料与方法

1 文献检索

计算机检索中文数据库知网、维普、万方、CBM, 英文检索 Pubmed、Embase、Web of science 数据库。中文检索词为肾综合征出血热、气象因素、环境温度、相对湿度、降雨量、气压、风速、日照时数及其同近义词, 英文检索词为 Hemorrhagic Fever with Renal Syndrome, HFRS, Meteorological factors, Temperature, Humidity, Precipitation, atmospheric pressure, wind speed, Sunshine 及其自由词。

2 纳入排除标准

纳入标准: ①研究的暴露因素为 (平均或最高、最低) 环境温度、(平均或最高、最低) 相对湿度、降雨量、气压、风速、日照时数; ②结局测量为每月、每周或每日的 HFRS 发病率; ③提供了效应估计值, 相对危险度 RR 或发病率比 IRR 及其 95% 置信区间 (Confidence interval, CI); ④研究纳入了至少 1 年的连续数据并控制了潜在混杂因素。排除标准: ①数据不完整, 未提供或无法推算 RR 值及 95% CI; ②文献综述、评论或重

复研究; ③不能获取全文的研究; ④未评估混杂因素; ⑤动物实验。

3 文献资料提取

从符合纳入标准的研究中提取以下数据: ①研究特征, 如作者、发表年份、研究设计类型、统计模型、时间单位、测量指标; ②参与者的人口统计学特征, 如研究时期、研究地点、病例总数、所处气候带; ③相关暴露变量, 相对危险度 RR, 95% CI 及滞后时间; ④研究结果。提取效应量时, 若文中同时报告了单滞后效应和累积滞后效应的效应量, 则分别选择最大估计效应^[9]。纳入文献中有 5 篇报告了 IRR, 本研究将其视为 RR, 因为二者近似相等^[10]。所有记录均由两名研究者独立评估, 争议由第三名研究者仲裁。

4 质量评估

对纳入文献采用 STROBE V4 Checklist Cross-Sectional Statement 质量评价表^[11]进行以下 6 个方面共 22 个条目的评价: ①标题和摘要; ②引言; ③方法; ④结果; ⑤讨论; ⑥其他信息。由两名作者对纳入文献独立进行质量评价, 出现差异时经讨论决定, 若讨论意见不一, 则请第三方裁定。

5 统计分析

采用 Q 检验评价研究间异质性, 若 $P < 0.1, I^2 > 50%$, 认为存在异质性, 采用随机效应模型; 反之采用固定效应模型。利用 Stata 16 软件对效应值 RR 进行合并, 并进行亚组分析探索异质性来源。通过逐一剔除研究进行敏感性分析, 若剔除各项研究对总体结果无显著影响, 即结果稳定。发表偏倚通过 Egger 加权回归检验^[12]进行评估。

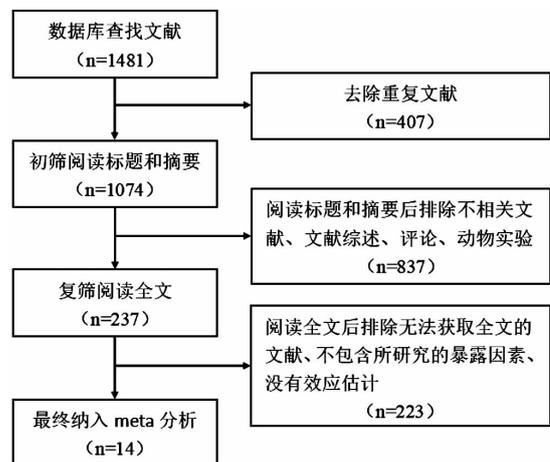


图 1 文献筛选流程
Fig. 1 Article selection process

表 1 纳入文献基本情况
Table 1 Basic information of included literature

作者及发表年份 First author, year	研究时间 (年) Study period	研究地点 Study location	病例数 (人) Population	统计模型 Statistical model	暴露变量 Exposure variable	滞后时间 Temporal lags	测量指标 Measure index	质量评分 Quality scores
Wanwan Sun et al. (2021) ^[13]	2007-2018	辽宁省葫芦岛市	2 751	时间序列泊松回归模型	最高环境温度、最低环境温度、最高相对湿度、累积降雨量	0-16 周	RR	18
Jianjun Xiang et al. (2018) ^[14]	2005-2014	中国 19 市	39 349	两阶段模型	最高环境温度、平均相对湿度、累积降雨量	0-49 周	IRR	19
Yuehong Wei et al. (2018) ^[6]	2006-2015	广东省广州市	1 098	负二项多元回归模型	平均环境温度、平均相对湿度、累积降雨量	1-4 月	IRR	17
Seung Seok Han et al. (2013) ^[1]	2001-2010	韩国 15 个陆地省份	3 952	时间序列泊松回归模型	平均环境温度、平均相对湿度、累积降雨量	1-6 月	RR	18
Wen-Yi Zhang et al. (2010) ^[15]	1997-2007	内蒙古自治区鄂伦春自治旗、莫力达瓦达斡尔族自治县	3 898	时间序列泊松回归模型	平均环境温度、平均相对湿度、累积降雨量	1-6 月	IRR	17
Joshi et al. (2017) ^[16]	2001-2009	韩国 8 省	2 912	广义线性回归模型	最低环境温度、平均相对湿度、累积降雨量、日照时数	0-12 周	IRR	16
Qinqin Xu et al. (2018) ^[17]	2007-2012	中国山东省	6 707	分布滞后非线性模型	最低环境温度、最高环境温度	0-30 日	RR,CRR	17
孙晓璇等(2019) ^[18]	2005-2017	辽宁省丹东和葫芦岛市	4 762	分布滞后非线性模型	最高环境温度	0-12 周	CRR	19
许勤勤等(2018) ^[19]	2007-2013	山东省青岛市	1 490	分布滞后非线性模型	平均环境温度、最高环境温度、最低环境温度	0-30 日	RR,CRR	19
肖洪等(2011) ^[20]	2000-2009	湖南省长沙市	2 171	时间序列泊松回归模型	平均环境温度、最高相对湿度、累积降雨量	1-6 月	IRR	16
劳家辉等(2018) ^[21]	2005-2012	辽宁省葫芦岛市	1 892	广义加性模型	平均环境温度	0-5 月	RR	17
陈纯等(2016) ^[8]	2011-2014	广东省广州市	544	多元泊松回归模型和分布滞后非线性模型	平均环境温度	-	RR	15
许勤勤等(2018) ^[7]	2005-2016	山东省潍坊市	2 460	分布滞后非线性模型	平均环境温度、最高相对湿度	0-30 日	RR	19
郭雪艳等(2020) ^[22]	2010-2016	山东省潍坊市	-	广义加性模型	平均环境温度、平均相对湿度、累积降雨量、日照时数	0-6 月	RR	17

表 2 基于单滞后效应的环境温度、相对湿度的亚组分析
Table 2 Subgroup analysis for the increased HFRS risk associated with ambient temperature and relative humidity based on single lag models

亚组 Subgroup types	环境温度 Ambient temperature			相对湿度 Relative humidity		
	n *	I ² (%) P 值 I ² (%), P-Value	合并 RR(95%CI) Pooled RR(95%CI)	n *	I ² (%) P 值 I ² (%), P-Value	合并 RR(95%CI) Pooled RR(95%CI)
环境因素指标						
平均值	9	98.4<0.01	1.042(1.002,1.081)	6	100.0<0.01	1.250(1.008,1.493)
最高值	4	49.9>0.05	1.034(0.986,1.082)	3	31.9 >0.05	1.032(1.009,1.054)
最低值	4	98.8<0.01	1.156(1.056,1.256)			
省份						
内蒙古自治区	1	0.0>0.05	1.156(1.108,1.203)	1	0.0>0.05	1.031(1.020,1.041)
辽宁省	2	65.5>0.05	1.128(0.782,1.475)			
广东省	2	0.0>0.05	0.945(0.944,0.945)			
山东省	4	71.5<0.01	1.087(1.025,1.150)	2	94.5<0.01	1.668(0.347,2.989)
湖南省	1		1.020(1.005,1.035)			
气候带						
温带	8	92.2<0.01	1.066(1.031,1.101)	5	86.9<0.01	1.028(1.005,1.051)
亚热带	3	97.9<0.01	0.982(0.909,1.055)	2	100.0<0.01	1.413(0.663,2.162)
性别						
男	2	81.5<0.01	1.128(0.898,1.359)			
女	2	65.4>0.05	1.294(0.765,1.823)			
时间单位						
日	4	0.0>0.05	1.060(1.030,1.190)	1		1.030(0.995,1.065)
周	3	97.7<0.01	1.129(0.980,1.277)	4	95.6<0.01	1.005(0.961,1.049)
月	6	98.8<0.01	1.037(0.992,1.081)	4	100.0<0.01	1.198(0.867,1.528)
疫区类型						
家鼠型混合疫区	3	53.6>0.05	1.074(0.811,1.336)	2	95.1<0.01	1.795(1.787,1.804)
姬鼠型混合疫区	10	95.9<0.01	1.016(1.010,1.022)	7	98.8<0.01	1.033(0.998,1.068)

* "n"为文献数量(is the number of articles)。

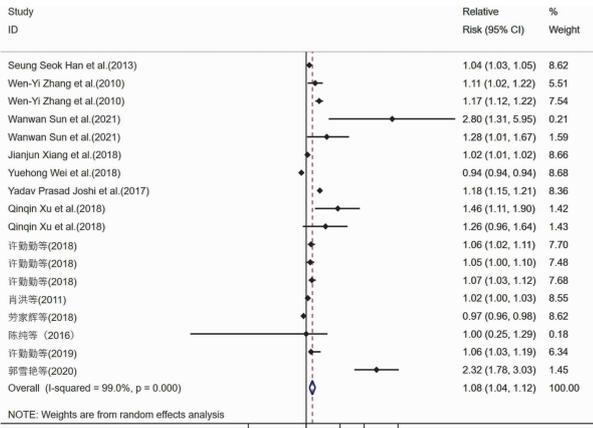


图2 基于单滞后效应的环境温度对肾综合征出血热发病影响的 meta 分析森林图

Fig. 2 Forest plot for the effect of ambient temperature on the risk of HFRS based on single lag models

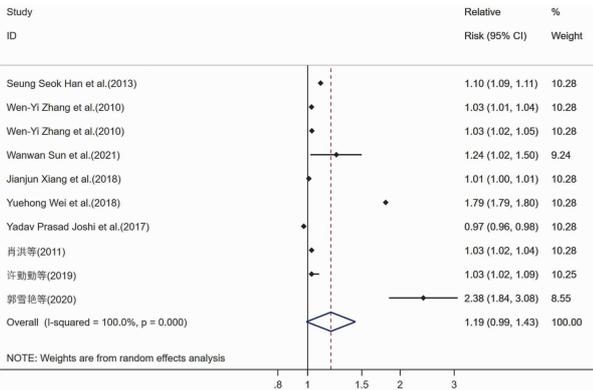


图3 基于单滞后效应的相对湿度对肾综合征出血热发病影响的 meta 分析森林图

Fig. 3 Forest plot for the effect of relative humidity on the risk of HFRS based on single lag models

结果

1 纳入文献及其特征

通过计算机检索,共检索文献 1481 篇。在去除重复文献并根据纳入排除标准筛选后,最终纳入了 14 项研究(图 1),纳入研究的基本特征见表 1。纳入文献中环境温度与 HFRS 发病关系的研究有 14 项,相对湿度与 HFRS 发病关系的研究有 9 项。所有研究均为回顾性的生态学研究。

2 气象因素对 HFRS 发病的影响

基于单滞后效应的环境温度和相对湿度对 HFRS 发病影响的效应合并结果如图 2 和图 3 所示。结果表明,环境温度($RR:1.08, 95\% CI:1.04-1.12$)、降雨量($RR:1.00, 95\% CI:1.00-1.01$)和日照时间($RR:1.50, 95\% CI:1.06-2.12$)均与 HFRS 发病显著相关,而相对湿度($RR:1.19, 95\% CI:0.99-1.43$)对 HFRS 发病人数的影响无显著统计学意义。基于累积滞后效应的效应合并结果表明,环境温度的累积效应能显著

提高人群中 HFRS 的发病风险($RR:2.41, 95\% CI:1.16-5.02$)。

3 亚组分析

由于本研究效应合并结果存在较大异质性(环境温度 $I^2=99.0\%$,相对湿度 $I^2=100.0\%$),从环境因素指标、研究地点、气候带、性别、数据时间单位、疫区类型方面进行亚组分析探索异质性来源。表 2 为环境温度和相对湿度基于单滞后效应的亚组分析结果。以日为单位亚组的环境温度合并效应显著且无异质性。平均环境温度和最低环境温度均与 HFRS 发病显著相关,最低环境温度的影响强于平均环境温度。平均相对湿度和最高相对湿度均与 HFRS 发病显著相关,平均相对湿度的影响强于最高相对湿度。环境温度对不同省份 HFRS 的影响程度不同,在内蒙古自治区、山东省、湖南省、广东省有统计学意义(均 $P<0.01$)。温带地区环境温度和相对湿度对 HFRS 发病的影响有统计学意义(均 $P<0.01$)。环境温度对 HFRS 发病的影响效应仅在姬鼠型混合疫区亚组有统计学意义,而相对湿度对 HFRS 发病的影响效应仅在家鼠型混合疫区亚组有统计学意义(均 $P<0.01$)。

4 敏感性分析和发表偏倚

逐步剔除单个研究并重新分析剩余数据,与总体结果相比,估计效应无显著变化,表明其对单个研究的敏感性较低,结果较为稳健,可支持总样本研究结果。Egger 检验结果表明,纳入文献中关于环境温度的数据存在一定程度的发表偏倚($P<0.01$),其他气象因素数据未发现发表偏倚(相对湿度: $P=0.826$;降雨量: $P=0.105$)。

讨论

本研究通过 meta 分析探讨了环境温度、相对湿度等气象因素对 HFRS 的影响,共纳入 14 篇文献,效应合并结果显示环境温度、降雨量、日照时数均与 HFRS 发病呈正相关,但各研究间存在显著异质性。亚组分析结果表明,气象因素对温带地区人群的 HFRS 发病情况影响较大。

本研究结果显示,平均环境温度和最低环境温度均与 HFRS 发病显著相关,二者分别多在滞后 1 月和当月出现最大效应,最低环境温度的影响强于平均环境温度。温度主要通过影响鼠密度和鼠类分布、汉坦病毒的稳定性和传染性、人鼠间的接触率来影响 HFRS 的发生^[14]。研究表明,鼠类繁殖的适宜温度为 $10\sim 25\text{ }^\circ\text{C}$ ^[23],人在户外活动和工作的最佳温度为 $17\text{ }^\circ\text{C}$ ^[24],二者均会增加人鼠间接触机会,因此平均温度下 HFRS 发病率可能增加。低温环境下,由于室外食物匮乏,鼠类迁入人居场所,增加了人鼠间接触机

会^[25],且研究表明,一定范围内温度越低汉坦病毒存活时间越长^[19],因此较低环境温度也可能增加 HFRS 的发病风险。平均相对湿度和最高相对湿度均与 HFRS 发病显著相关,二者分别多在滞后 4 月和当月出现最大效应,平均相对湿度的影响强于最高相对湿度。资料表明,我国近 90% 的 HFRS 疫区分布于地势低洼的潮湿或半湿润地区^[20]。一方面,适度湿润的环境可增强汉坦病毒的生命力和感染性^[26];另一方面,带毒褐家鼠的分布也与潮湿栖息地存在紧密联系^[27],因而较高相对湿度下 HFRS 发病增加。

各气象因素对不同地区 HFRS 的影响具有异质性,总体上环境温度对 HFRS 发病的影响强于相对湿度。这种地区间差异可能是由区域间的地理景观差异、人类行为差异、鼠类组成差异或病毒血清型差异等因素所导致^[3]。已有研究表明,气象因素对 HFRS 发病的影响在不同气候带间存在异质性^[28],与本研究结果相一致。亚组分析结果表明,温带地区环境温度和相对湿度对 HFRS 的影响有统计学意义,而在亚热带地区无统计学意义。原因可能是温带地区温度和湿度均较低,当秋冬恶劣天气使温度和湿度进一步降低时,不仅使啮齿动物进入居民区寻求庇护和食物,人在室内停留的时间也更长,增加了人鼠间接接触机会^[29]。亚热带地区发生极端天气事件的频率高于温带,对宿主动物的生存和繁殖产生不利影响^[14]。另一方面,亚热带地区 HFRS 患者职业以家务及待业人员为主^[30],与啮齿动物接触地点主要为室内环境,受室外气象因素影响的程度可能减小。

本研究结果显示,以日为单位研究的环境温度对 HFRS 的影响效应显著,且研究间无异质性。首先,这可能是由于以日为一项研究在选择研究地点、研究设计、资料分析方法等方面较为接近所致。其次,不同时间单位可能会对气象因素与 HFRS 发病关联的效应估计值产生一定影响。基于日的研究其数据尺度更小,能更加灵活地反应气象因素与疾病间的相关关系,提供更及时的信息以采取相应措施防控 HFRS 疫情^[7]。亚组分析结果显示,环境温度对 HFRS 的影响仅在姬鼠型混合疫区有统计学意义,相对湿度对 HFRS 的影响仅在家鼠型混合疫区有统计学意义。近年来,我国 HFRS 疫区在不断演变,以混合型疫区为主,其中家鼠型混合疫区进一步扩大^[31]。导致这种转变的因素众多,可能包括景观生态环境改变、各项综合防治措施的落实、社会经济的发展、城市化进程中人口的迁移等因素,使得鼠类分布以及人与啮齿动物接触机会发生改变^[32]。目前研究多集中于局部区域,尚不清楚不同类型疫区间气象因素对 HFRS 影响的差异性。

本研究有以下局限性:首先,在分析环境温度对 HFRS 的影响时,发现较大的发表偏倚,发表偏倚一般可用剪补法进行处理^[33],但研究纳入论文较少,但为保证结果的真实性,未对其进行处理。其次,研究结果具有较大异质性,即使通过亚组分析和敏感性分析也未能完全找到异质性来源,原因可能是目前相关研究中报告 RR 或 IRR 的研究数量较少,无法提供足够的信息对其进行更详细的亚组分析,如无法合并相近滞后天数下的效应估计。

综上所述,各气象因素能在不同程度上增加 HFRS 发病率,因此应持续关注天气变化,尤其是温带重点疫区应加强防范,提前采取综合保护措施,降低气象因素变化下 HFRS 的发病率。在气象因素与 HFRS 发病关系的研究中可考虑使用恰当的数据时间单位和环境因素指标,根据气候带、疫区类型的不同分地区开展研究,同时加强气象因素对 HFRS 发病影响机制的研究,为气象因素与 HFRS 发病的关系研究提供可靠依据。

【参考文献】

- [1] Han SS, Kim S, Choi Y, et al. Air pollution and hemorrhagic fever with renal syndrome in South Korea: an ecological correlation study[J]. BMC Public Health, 2013, 13(1): 347-353.
- [2] Zou LX, Chen MJ, Sun L. Haemorrhagic fever with renal syndrome: literature review and distribution analysis in China[J]. Int J Infect Dis, 2016(43): 95-100.
- [3] 侯祥, 封托, 韩宁, 等. 气候变化和经济发展对肾综合征出血热发生的影响[J]. 生物多样性, 2020, 28(10): 1229-1237.
- [4] Zhang YH, Ge L, Liu L, et al. The epidemic characteristics and changing trend of hemorrhagic fever with renal syndrome in Hubei Province, China[J]. PLoS One, 2014, 9(3): e92700.
- [5] 刘起勇. 气候变化对媒介生物性传染病的影响[J]. 中华卫生杀虫药械, 2013, 19(1): 1-7, 12.
- [6] Wei YH, Wang Y, Li XN, et al. Meteorological factors and risk of hemorrhagic fever with renal syndrome in Guangzhou, southern China, 2006-2015 [J]. PLoS Negl Trop Dis, 2018, 12(6): e0006604.
- [7] 许勤勤, 李润滋, 罗成, 等. 潍坊市气象因素对肾综合征出血热发病影响研究[J]. 环境与健康杂志, 2018, 35(2): 149-153, 189.
- [8] 陈纯, 郑红英, 张周斌, 等. 气象因素对广州市虫媒传染病发病影响研究[J]. 疾病监测, 2016, 31(12): 984-988.
- [9] Lian H, Ruan YP, Liang RJ, et al. Short-term effect of ambient temperature and the risk of stroke: A systematic review and meta-analysis[J]. Int J Environ Res Public Health, 2015, 12(8): 9068-9088.
- [10] Liu ZH, Meng YN, Xiang H, et al. Association of short-term exposure to meteorological factors and risk of hand, foot, and mouth disease: A systematic review and meta-analysis[J]. Int J Environ Res Public Health, 2020, 17(21): 8017.
- [11] Athayde F, Mancuzo EV, Corr a RA. Environmental influence on physical disability: a systematic review of the literature[J]. Cien

- Saude Colet, 2017, 22(11):3645-3652.
- [12] 郑辉烈,王忠旭,王增珍. Meta分析中发表偏倚的 Begg's 检验、Egger's 检验及 Macaskill's 检验的 SAS 程序实现[J]. 中国循证医学杂志, 2009, 9(8):910-916.
- [13] Sun WW, Liu XB, Li W, et al. Effects and interaction of meteorological factors on hemorrhagic fever with renal syndrome incidence in Huludao City, northeastern China, 2007-2018[J]. PLoS Negl Trop Dis, 2021, 15(3):e0009217.
- [14] Xiang JJ, Hansen A, Liu QY, et al. Impact of meteorological factors on hemorrhagic fever with renal syndrome in 19 cities in China, 2005-2014[J]. Sci Total Environ, 2018(636):1249-1256.
- [15] Zhang WY, Guo WD, Fang LQ, et al. Climate variability and hemorrhagic fever with renal syndrome transmission in North-eastern China[J]. Environ Health Perspect, 2010, 118(7):915-920.
- [16] Joshi YP, Kim EH, Cheong HK. The influence of climatic factors on the development of hemorrhagic fever with renal syndrome and leptospirosis during the peak season in Korea: an ecologic study[J]. BMC Infect Dis, 2017, 17(1):406-416.
- [17] Xu QQ, Li RZ, Rutherford S, et al. Using a distributed lag non-linear model to identify impact of temperature variables on haemorrhagic fever with renal syndrome in Shandong Province[J]. Epidemiol Infect, 2018, 17(1):406-414.
- [18] 孙琬琬,刘小波,吴海霞,等. 基于分布滞后非线性模型的葫芦岛和丹东市环境温度对肾综合征出血热的效应研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2019, 30(3):272-277.
- [19] 许勤勤,李润滋,刘娅飞,等. 基于分布滞后非线性模型的青岛市温度与肾综合征出血热的剂量反应关系[J]. 山东大学学报(医学版), 2018, 56(1):90-96.
- [20] 肖洪,田怀玉,张锡兴,等. 气候变化对长沙市肾综合征出血热发病的影响与预警模型[J]. 中华预防医学杂志, 2011, 45(10):881-885.
- [21] 劳家辉,刘志东,刘言玉,等. 气温对不同特征人群肾综合征出血热发病影响的研究[J]. 环境与健康杂志, 2018, 35(6):483-486.
- [22] 郭雪艳,周健,范俊杰,等. 潍坊市肾综合征出血热与气象因素相关性研究[J]. 预防医学论坛, 2020, 26(12):888-890, 894.
- [23] 王金娜,劳家辉,侯娟,等. 气象因素对鼠密度的影响研究[J]. 预防医学, 2018, 30(9):870-873, 878.
- [24] Lin HL, Zhang ZT, Lu L, et al. Meteorological factors are associated with hemorrhagic fever with renal syndrome in Jiaonan County, China, 2006-2011[J]. Int J Biometeorol, 2014, 58(6):1031-1037.
- [25] Cao LN, Huo XY, Xiang JJ, et al. Interactions and marginal effects of meteorological factors on haemorrhagic fever with renal syndrome in different climate zones: Evidence from 254 cities of China[J]. Sci Total Environ, 2020(721):137564.
- [26] Fang LQ, Wang XJ, Liang S, et al. Spatiotemporal trends and climatic factors of hemorrhagic fever with renal syndrome epidemic in Shandong Province, China[J]. PLoS Negl Trop Dis, 2010, 4(8):e789.
- [27] 孙倩莱,张苏蕾,曾舸,等. 2009-2019年湖南省肾综合征出血热病例及宿主动物监测分析[J]. 中国人兽共患病学报, 2021, 37(4):351-355.
- [28] 曹丽娜. 中国不同气候带肾综合征出血热的影响因素及预测模型研究[D]. 济南:山东大学, 2020.
- [29] Tamerius J, Nelson MI, Zhou SZ, et al. Global influenza seasonality: reconciling patterns across temperate and tropical regions[J]. Environ Health Perspect, 2011, 119(4):439-445.
- [30] 胡文穗,刘伟,刘远,等. 广州市 2010-2019年肾综合征出血热流行特征及时空分布动态变化[J]. 中华流行病学杂志, 2020, 41(12):2087-2092.
- [31] 刘晓冬. 中国肾综合征出血热时空分布及气候因素对辽宁省 HFRS 影响的研究[D]. 济南:山东大学, 2012.
- [32] 梁小洁,严延生,张智芳,等. 肾综合征出血热[J]. 中国人兽共患病学报, 2020, 36(10):858-863.
- [33] 康德英,洪旗,刘关键,等. Meta分析中发表性偏倚的识别与处理[J]. 中国循证医学杂志, 2003, 3(1):45-49.

【收稿日期】 2021-10-23 【修回日期】 2021-12-21

(上接 58 页)

- [11] Prinz T, Tommassen J. Association of iron-regulated outer membrane proteins of *Neisseria meningitidis* with the RmpM (class 4) protein[J]. FEMS Microbiol Lett, 2000, 183(1):49-53.
- [12] Oster P, Lennon D, O'Hallahan J, et al. MeNZB: a safe and highly immunogenic tailor-made vaccine against the New Zealand *Neisseria meningitidis* serogroup B disease epidemic strain[J]. Vaccine, 2005, 23(17-18):2191-2196.
- [13] Petousis-Harris H, Paynter J, Morgan J, et al. Effectiveness of a group B outer membrane vesicle meningococcal vaccine against gonorrhoea in New Zealand: a retrospective case-control study[J]. Lancet, 2017, 390(10102):1603-1610.
- [14] Petousis-Harris H, Radcliff F J. Exploitation of *Neisseria meningitidis* group B OMV vaccines against *N. gonorrhoeae* to inform the development and deployment of effective gonorrhoea vaccines[J]. Front Immunol, 2019(10):683.
- [15] Leduc I, Connolly KL, Begum A, et al. The serogroup B meningococcal outer membrane vesicle-based vaccine 4CMenB induces cross-species protection against *Neisseria gonorrhoeae*[J]. PLoS Pathog, 2020, 16(12):e1008602.
- [16] Semchenko EA, Tan A, Borrow R, et al. The Serogroup B meningococcal vaccine bexsero elicits antibodies to *Neisseria gonorrhoeae*[J]. Clin Infect Dis, 2019, 69(7):1101-1111.

【收稿日期】 2021-09-23 【修回日期】 2021-12-03