

· 现场调查 ·

应用地理信息系统研究我国肾综合征出血热疫区类型与主要宿主动物构成的关系

方立群 李承毅 杨华 吴晓明 杨红 陈化新 李小文 曹务春

【摘要】 目的 分析中国肾综合征出血热(HFRS)疫区的性质与主要宿主动物种群构成的关系。方法 收集中国 122 个地区 1991~1999 年 HFRS 病例血清分型资料和 41 个监测点的宿主动物种类及数量资料,在 ArcGIS 8.1 软件的支持下,建立中国 HFRS 病例分型地理信息系统(GIS)和监测点宿主动物构成 GIS,并以此为基础通过反距离加权插值法(IDW)建立中国 HFRS 主要疫区分型地图,叠合监测点宿主动物构成图;对各监测点的宿主动物构成进行分层聚类分析。结果 中国 HFRS 不同类型疫区呈现明显的区域性分布,总体表现为从东北至西南方向 I 型汉坦病毒(HV)为主的混合型疫区与 II 型 HV 为主的混合型疫区交替分布的特征;监测点野外宿主动物种类较多且各地区鼠种构成差异较大,居民区宿主动物种类相对较少,且优势鼠种大多局限于 2~3 种宿主动物;监测点宿主动物构成的聚类分析结果显示其疫区类型与所在疫区病例血清型基本一致。结论 以空间数据库为基础的 GIS 及其空间分析能根据 HFRS 样点信息很好地预测各主要疫区的分型特征。

【关键词】 肾综合征出血热;地理信息系统;血清型;宿主动物

Using geographic information system to study on the association between epidemic areas and main animal hosts of hemorrhagic fever with renal syndrome in China FANG Li-qun*, LI Cheng-yi, YANG Hua, WU Xiao-ming, YANG Hong, CHEN Hua-xin, LI Xiao-wen, CAO Wu-chun. Beijing Institute of Microbiology and Epidemiology, Beijing 100071, China

Corresponding author: CAO Wu-chun, Email: caowc@nic.bmi.ac.cn

【Abstract】 Objective To analyze the association between types of epidemic areas and proportion of main animal hosts of hemorrhagic fever with renal syndrome(HFRS) in China. Methods Data on serotype of HFRS patients from 122 regions and species as well as number of animal hosts from 41 national surveillance sites were collected and managed. The map of the types of epidemic areas from 1991-1999 in China was produced using inverse distance weighted technique in the ArcGIS 8.1 software. The map of the proportion of host animals was then overlapped on it and the surveillance sites of HFRS were clustered in terms of the proportion of host animals. Results Variance in spatial distribution of the types of epidemic areas was observed. Two epidemic area types, namely Hantaan-dominant mixed epidemic areas and Seoul-dominant mixed epidemic areas seemed to have transferred from the north-east to south-west of China in turns. There were more species of HFRS animal hosts in fields than those of in residential areas. The diversity of rodent species in fields was higher than that of the residential areas which predominant harbored rodent species of 2-3 kinds. Types of surveillance sites classified by cluster analysis of proportion of main animal hosts were consistent with the serotypes of HFRS patients. Conclusion Through employment of spatial analysis technique based on GIS databases, the HFRS types of main epidemic area in China could be well predicted by surveillance data.

【Key words】 Hemorrhagic fever with renal syndrome; Geographic information system; Serotype; Host animals

20 世纪 80 年代以前,中国大陆肾综合征出血

热(HFRS)大多为姬鼠型疫区,自 1981 年在河南、山西省境内发现家鼠型 HFRS,全国 HFRS 的发病率迅速上升,出现了许多新的疫区,部分疫区由姬鼠型向混合型疫区转变,近年来新的血清型如普马拉病毒(Puumala virus, PUUV)在中国东北地区也已被发现^[1]。由于汉坦病毒有较为严格的宿主限制性,不同型别的汉坦病毒有着自己固有的宿主动物,

基金项目:北京市自然科学基金重点资助项目(7021004)

作者单位:100071 北京,军事医学科学院微生物流行病学研究所(方立群、李承毅、吴晓明、杨红、曹务春);北京师范大学(杨华);中国疾病预防控制中心传染病预防控制所(陈化新);中国科学院遥感应用研究所(李小文)

通讯作者:曹务春, Email:caowc@nic.bmi.ac.cn

因此, HFRS 疫区的性质取决于当地宿主动物的种类与构成, 尤其与当地的优势鼠种联系密切。为明确各地 HFRS 疫区的性质, 探讨疫区类型与宿主动物种群构成之间的联系, 本研究应用地理信息系统 (GIS) 技术, 从宏观上对中国 HFRS 疫区的类型、主要宿主动物的种群构成以及二者之间的联系进行了分析。

材料与方 法

1. 基础地图: 选择 1:100 万中国国界、省界和县界数字区划图(由国家测绘科学研究院提供)。

2. HFRS 数据: 收集全国 122 个地区 1991~1999 年 HFRS 病例血清分型资料, 对于同一地区多时段的数据以样本量大、近期的原则纳入分析, 按地区、年份、I 型构成、II 型构成、未分型构成进行计算后建立病例分型数据库; 收集 1991~1999 年中国 41 个 HFRS 监测点的宿主动物种类及数量资料, 对各监测点每年的宿主动物资料按照监测点、年份、野外宿主动物数量(36 个地区 1995~1999 年宿主动物种类包括黑线姬鼠、褐家鼠、大林姬鼠、黄胸鼠、黄毛鼠、小家鼠、大仓鼠、黑线仓鼠、灰仓鼠、东方田鼠、短尾鼯、灰麝鼯、其他小兽)、野外放夹数、野外鼠密度、居民区宿主动物数量(39 个地区 1995~1999 年宿主动物种类包括褐家鼠、黑线姬鼠、黄胸鼠、黄毛鼠、小家鼠、大仓鼠、臭鼯、大麝鼯、短尾鼯、其他小兽)、居民区放夹数、居民区鼠密度进行计算和整理, 剔除缺失数据, 核对后建立宿主动物构成数据库, 计算各年度野外与居民区各种宿主动物的构成, 计算 1995~1999 年 5 年的宿主动物构成、鼠密度平均值。

3. GIS 分析:

(1)GIS 的建立: 以全国 1:100 万国界、省界、县界数字地图为背景, 在 ArcGIS 8.1 软件中通过查询的方法选择并建立 122 个病例分型样点矢量图层, 通过共同的地区名称与病例分型数据库关联, 建立中国 HFRS 病例分型 GIS。根据监测点的级别(省级、地区级及县级)建立全国 41 个 HFRS 监测点的监测区域图层, 对每一个监测区域的中心进行标注, 建立监测点矢量层, 并通过相同的名称与监测点宿主动物构成数据库关联, 建立中国 HFRS 监测点宿主动物构成 GIS。

(2)HFRS 病例分型数据空间分布特征分析: 以建立的中国 HFRS 病例分型 GIS、监测点宿主动物

构成 GIS 为基础, 应用 ArcGIS 8.1 软件的统计分析 (geostatistical analyst) 扩展模块的探索性空间数据分析功能 (explore data), 研究 HFRS 病例分型数据空间分布特征, 分别分析 I 型和 II 型 HFRS 病例分型数据是否具有空间自相关性, 以确定这些数据能否进行空间插值分析。

(3)空间分析: 在完成空间分布特征分析后, 对 HFRS 病例分型图层采用确定性插值法——反距离加权插值法 (inverse distance weighted, IDW) 建立 HFRS 分型专题地图, 并通过交叉验证 (cross validation) 方法评价和筛选各参数, 选择平均预测误差 (MPE) 接近于零和预测误差均方根 (root-mean square of prediction error, RMS-PE) 较小的模型用于预测。分析过程中对病例分型数据进行反正弦变换, 分析完成后转换回构成的形式, 应用等值线法与分级设色法显示全国主要 HFRS 疫区 I 型和 II 型 HFRS 的分布情况。在此基础上, 叠合全国 1995~1999 年 HFRS 监测点宿主动物平均构成地图(构成地图以饼图的形式表达), 其中 I 型 HFRS 的分布地图与野外宿主动物的构成地图进行叠合, II 型 HFRS 的分布地图与居民区宿主动物的构成地图进行叠合, 从而分析和显示 I 型 HFRS 的分布与野外宿主动物的构成、II 型 HFRS 的分布与居民区宿主动物的构成之间的联系。

4. 监测点聚类分析: 以各监测点主要宿主动物构成数据库为基础, 在 SPSS 11.5 软件中对各监测点联合野外和居民区宿主动物构成进行分层聚类分析, 按照各监测点野外和居民区宿主动物种群构成方面的相似性对各监测点进行分类, 从而根据监测点宿主动物种群构成特征划分监测点为可能的疫区类型。

结 果

1. HFRS 病例血清分型样点: 122 个 HFRS 病例分型样点分布于 23 个省、直辖市和自治区范围内, 基本均匀散布于中国 HFRS 主要疫区, 显示用于空间分析的病例分型数据有一定的代表性。

2. HFRS 病例分型数据空间分布特征分析: I 型和 II 型 HFRS 病例分型数据的半方差云图 (semivariogram cloud) 显示距离越近的样点半方差函数值较小, 随着各样点间距离的增大, 样点间的半方差函数值也增大, 当样点间的距离增大到某一特定值后, 半方差函数值不再增大而是在某一个极限

值附近摆动,说明该数据存在空间自相关性,即彼此之间距离越近的样点之间越相象,说明本数据符合空间插值分析的前提条件。

3. 空间分析结果:分别对 I 型和 II 型 HFRS 病例构成数据进行反距离加权插值分析,并分别叠合 HFRS 监测点野外与居民区宿主动物构成图,建立中国 HFRS 主要疫区人群 HFRS I 型构成以及野外主要宿主动物构成图(图 1)和 HFRS II 型构成以及居民区主要宿主动物构成图(图 2)。空间分析过程中,通过交叉验证评价和筛选各参数,从而选择较为合理的参数值用于构建预测模型,其中图 1 $MPE = -0.000572$; $RMS-PE = 0.2648$; 图 2 $MPE = -0.000395$; $RMS-PE = 0.2586$,图 1、2 的 MPE 均接近于 0, $RMS-PE$ 均较小,显示预测模型预测效果较好;由图 1 和图 2 人群 HFRS 血清型分布情况可见,我国 HFRS 不同类型疫区的分布呈现明显的区域性,总体表现为从东北至西南方向 I 型为主的混合型疫区与 II 型为主的混合型疫区交替分布的特征,大范围的单纯的 I 型或 II 型疫区较少,均以混合型疫区为主,而局部范围内尚存在小面积的 I 型或 II 型疫区,如黑龙江省北部、甘肃省、陕西省等的局部地区尚存在小范围的 I 型疫区,河北省、北京市、山西省、海南省、云南省、福建省的局部地区尚存在 II 型疫区。图中的等值线和颜色分级清晰地显示了我国 HFRS 主要疫区 HFRS I 型和 II 型的构成情况,等值线和颜色分级间隔为 0.10,即两条等值线之间构成比相差为 0.10,等值线较密的地区即血清型变化明显的区域,由图中可知部分省份同时存在 I 型和 II 型为主的疫区。

由图 1、图 2 显示的野外与居民区 HFRS 主要宿主动物种类及构成情况可见,我国野外 HFRS 宿主动物种类较多且各地区优势鼠种构成差异较大, I 型为主的混合型疫区野外宿主动物以黑线姬鼠所占比例较大, II 型为主的混合疫区野外以褐家鼠、小家鼠为主,局部地区包括其他优势鼠种,且呈现一定的地域性分布,如图 1 所示,东南部地区江西省、福建省内部分地区野外黄毛鼠的比例较高,四川省、重庆市部分地区野外短尾鼯的比例较高等等。另外,居民区 HFRS 宿主动物种类相对较少,且优势鼠种大多局限于 2~3 种宿主动物,全国除少部分地区外,大多数地区居民区以褐家鼠、小家鼠和黄胸鼠为主;同时分析图 1、2 可见,混合型疫区部分地区的野外存在一定比例褐家鼠,居民区存在一定比例的黑

线姬鼠,但黑线姬鼠在我国南部地区无论是野外还是居民区均为少见。

4. 聚类分析结果:监测点分层聚类分析结果显示 36 个监测点(同时具有野外和居民区宿主动物构成信息的监测点)归为 5 类时,类间距离皆较大,各类间的区别较明显(图 3)。每一类包括的监测点分别为:第 1 类包括密山、宁乡、牙克石、黑河、东海、宁夏、泾源、新安、天水、安庆、武昌、阜阳、临沂、凤台、蛟河、天台、西安、户县、大丰、沈阳、淮阳、济宁、太原、遵义;第 2 类包括天门市、确山县、广州、云南、唐山市、南充、涪陵等市县;第 3 类包括福建省、周宁县、高安县;第 4 类为上海市;第 5 类为天津市;分析 5 类中各监测点宿主动物的构成情况可知,第 1 类中各监测点野外黑线姬鼠构成比较高,大致可归为姬鼠型为主的混合型疫区,而第 2 类中各监测点野外及居民区褐家鼠构成比均较高,大致可归为家鼠型为主的混合型疫区,第 3 类中各监测点野外黄毛鼠构成比较高、黑线姬鼠构成比较低,居民区褐家鼠和黄胸鼠构成比较高,大致可归为家鼠型为主的混合型疫区,第 4 类上海市、第 5 类天津市野外及居民区的宿主动物种群构成与其他监测点差异较大,上海市野外及居民区大麝鼯构成较高,为优势鼠种,天津市野外黑线姬鼠和褐家鼠构成比均较高、居民区小家鼠构成比高,因此可归为混合型疫区。根据监测点宿主动物种群构成通过聚类分析划分的疫源地类型与 HFRS 病例血清型划分的疫区类型进行比较,二者基本一致。

讨 论

HFRS 的病原体汉坦病毒(Hantavirus, HV)具有多宿主性,每一血清型的 HV 各有其主要的宿主鼠种,HFRS 疫区的性质往往取决于当地宿主动物的种类与构成,尤其与当地的优势鼠种联系密切。在我国,先后对 48 个 HFRS 监测点近 20 年的人间疫情监测、血清学监测、宿主动物监测、疫源地和疫区监测、控制效果监测和流行趋势预测等研究^[2],并在掌握 HFRS 流行动态和流行规律、指导防治实践、控制疫情等方面取得了显著成绩,如何凭借监测点(或调查点)信息了解中国整个疫区的情况,对于 HFRS 的预防与控制十分重要,以空间数据库为基础的 GIS 及其空间分析(确定性插值方法、地统计插值方法)、近似评估、缓冲区分析等方法为上述问题提供了很好的解决方案,并在一系列公共卫生项

目中已取得很好的应用^[3-6]。空间插值方法根据相邻样点的相似性原理来生成表面,即由已测样点的

值生成的表面来预测整个研究区域内的每一个位置的值,并评估预测表面的误差和变异性,本项研究由

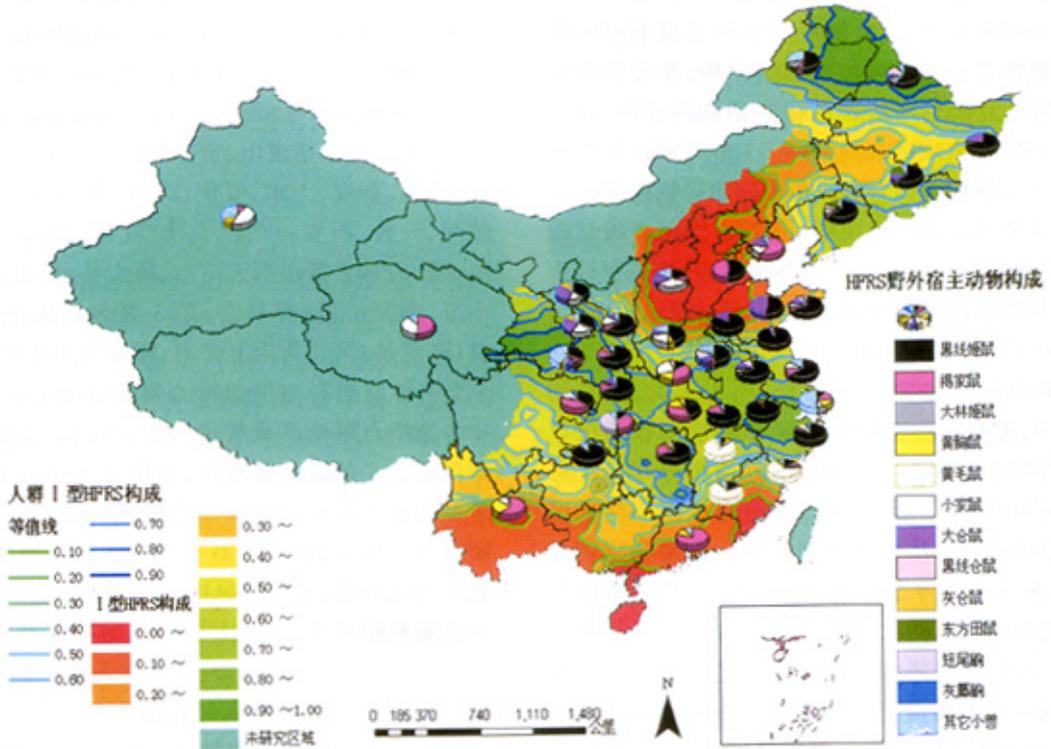


图1 中国 HFRS 主要疫区人群 I 型出血热构成以及野外主要宿主动物构成

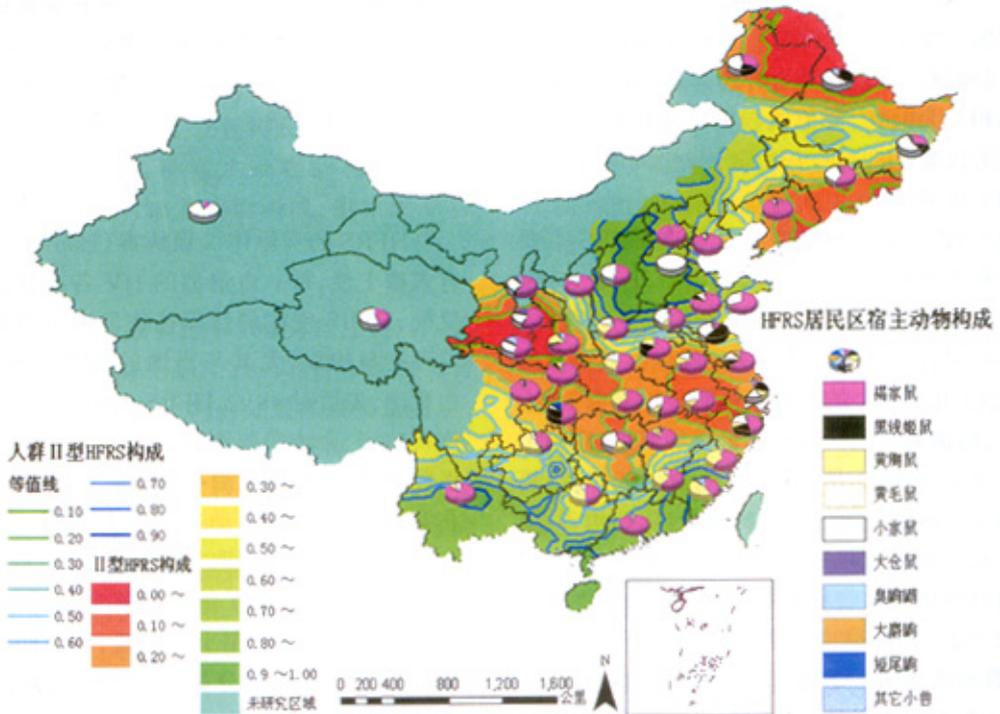


图2 中国 HFRS 主要疫区人群 II 型出血热构成以及居民区主要宿主动物构成

于在整个 HFRS 疫区内选择样点的数量较多且分布较为均匀,各样点病例分型构成资料为非正态分布,故对资料进行变换后采用确定性内插方法——反距离加权插值法来进行分析是较为合理的,分析过程中经交叉验证方法评价和筛选各参数最终取得了较优的预测表面。

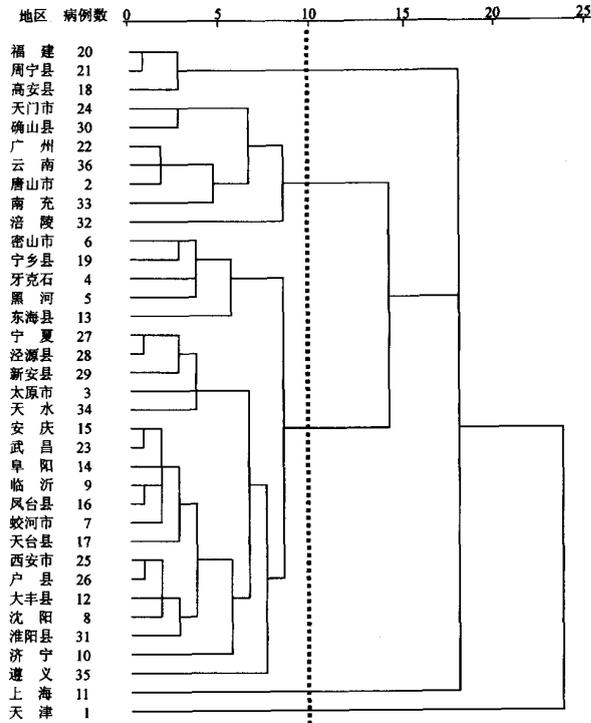


图3 HFRS 监测点聚类分析树状图

本研究在分析中国 HFRS 主要疫区病例血清型分布特征的基础上,叠合影响 HFRS 疫区性质的宿主动物信息,主要宿主动物的种类与构成,数量化各疫区病例的血清型和优势鼠种构成,并根据监测点野外与居民区宿主动物构成情况对监测点进行了分层聚类分析,根据各监测点野外和居民区宿主动物种群构成方面的相似性对各监测点的性质进行了分类,结果显示各监测点根据宿主动物种群构成划分的疫源地类型与病例血清型划分的疫区类型二者基本一致,提示这两种方法在疫区类型的划分上

均为有效。另外,根据宿主动物种群构成情况建立合适、准确的疫区类型判别模型仍是下一步研究的内容之一。本项研究对于弄清各地区 HFRS 的流行特征和疫区演变规律,指导患者诊断、制订防治策略、疫苗接种、有针对性地选择重点灭鼠种类以及根据不同鼠种选择灭鼠方法、灭鼠地点等具有现实意义。值得注意的是,我国许多地区尚存在一定比例的未分型病例,最近从我国东北地区的棕背鼯肺中检测到新的血清型 PUUV,由于该地区存在与 PUUV 型 HFRS 主要宿主动物欧洲棕背鼯同属的棕背鼯和红背鼯,同时与 PUUV 型 HFRS 疫区俄罗斯远东接壤,我国 PUUV 的发现再次证明了各型出血热宿主动物的限制性及同属 HFRS 宿主动物携带相应病毒的可能性,另外,我国较广泛地存在曾于美国局部地区爆发流行的 HV 肺综合症的宿主动物仓鼠亚科的仓鼠属鼠种,如大仓鼠、黑线仓鼠、灰仓鼠和长尾仓鼠等(如图 1、图 2 所示的涇源县、济宁市、临沂市、宁夏自治区、密山市、唐山市、太原市、阜阳市等监测点),是否在鼠间也携带该型病毒,在今后的研究中应引起足够的重视。

参 考 文 献

- 1 刘刚,李川,扈光伟,等.在中国发现普马拉汉坦病毒.中华实验和临床病毒学杂志,2003,17:55-57.
- 2 陈化新,罗成旺.中国肾综合征出血热监测.中华流行病学杂志,2002,23:63-66.
- 3 Vieira V, Webster T, Aschengrau A, et al. A method for spatial analysis of risk in a population-based case-control study. Int J Hyg Environ Health,2002,205:115-120.
- 4 Kitsiou D, Karydis M. Categorical mapping of marine eutrophication based on ecological indices. Sci Total Environ, 2000,255:113-127.
- 5 周晓农,孙乐平,姜庆五,等.全国血吸虫病流行状况的地理信息系统空间分析.中华流行病学杂志,2000,21:261-263.
- 6 方立群,曹务春,陈化新,等.应用地理信息系统分析中国肾综合征出血热的空间分布.中华流行病学杂志,2003,24:265-268.

(收稿日期:2003-11-19)

(本文编辑:尹廉)