

## · 现场调查 ·

# 应用地理信息系统分析北京市海淀区 肾综合征出血热的空间分布

方立群 曹务春 敦哲 吴晓明 孙培源 Martin Kulldorff 王炳才 杨红 李刘文

**【摘要】** 目的 分析北京市海淀区肾综合征出血热(HFRS)的空间分布。方法 以北京市海淀区1:10万地形图为背景,在ArcInfo 8.1软件中建立行政边界图层,在地图上标出海淀区1997~2002年HFRS患者的住址,应用SaTScan 3.0软件对各乡(镇)街道HFRS的发病情况进行空间聚类分析,确定高流行区域范围,并在地理信息系统(GIS)中通过空间分析对不同的发病情况采用不同的颜色和等值线显示。结果 空间聚类分析显示北京市海淀区HFRS病例呈聚集性分布,高发区聚集在苏家坨乡、永丰乡、上庄乡、温泉镇及聂各庄乡所属区域( $RR = 4.43, P = 0.001$ );建立北京市海淀区HFRS空间分布专题地图。结论 北京市海淀区HFRS的空间分布为非随机分布,其分布特征与地理环境因素密切相关。

**【关键词】** 肾综合征出血热;空间聚类分析;地理信息系统

**Spatial analysis on the distribution of hemorrhagic fever with renal syndrome by geographic information system in Haidian district, Beijing** FANG Li-qun\*, CAO Wu-chun, DUN Zhe, WU Xiao-ming, SUN Pei-yuan, Martin Kulldorff, WANG Bing-cai, YANG Hong, LI Xiao-wen. \*Institute of Microbiology and Epidemiology, Academy of Military Medical Science, Beijing 100071, China  
Corresponding author: CAO Wu-chun

**【Abstract】 Objective** To analyze the spatial distribution of hemorrhagic fever with renal syndrome (HFRS) in Haidian district, Beijing and to explore the geographical characteristics of HFRS in highly endemic areas. **Methods** Administration boundary layer was established under the background of 1:100 000 map in the ArcInfo 8.1 software. The HFRS cases from 1997 to 2002 were positioned on the map. Highly endemic areas were identified by spatial cluster analysis using SaTScan 3.0 software. Distribution of HFRS cases was shown in different colors and contours by spatial analysis of geographic information system (GIS). **Results** Spatial Cluster Analysis of confirmed cases of HFRS identified in 1997-2002 in Haidian district showed that HFRS patients were not randomly distributed. The highly endemic areas were founded in Sujiatuo township, Yongfeng township, Shangzhuang township, Wenquan town and Bei'anhe township (relative risk = 4.43,  $P = 0.001$ ). A thematic map of HFRS in haidian district was set up. **Conclusion** HFRS infections were not randomly distributed, since the distribution was related to geographic-environmental factors.

**【Key words】** Hemorrhagic fever with renal syndrome; Spatial cluster analysis; Geographic information system

近年来,北京地区肾综合征出血热(HFRS)发病呈现明显的上升势头,疫区范围明显扩大,1997年仅1例患者,至2000年人群发病已遍及全市18

个区(县),且不同区域内流行强度差异明显,呈现高度散发又相对集中的趋势<sup>[1]</sup>。因此,有必要查清北京地区HFRS的具体分布情况,确定北京市HFRS的高流行区域,明确高流行区域的地理环境特点,以便针对不同流行区域和环境特点采取不同的防治策略和预防措施。海淀区地处北京城区的西北,全区面积426 km<sup>2</sup>,人口224万,辖22个街道11个乡(镇),本研究采用地理信息系统(GIS)技术探讨该区HFRS的具体分布情况,并使用空间分析方法研究该区内HFRS患者空间分布上的差异,确定高流

基金项目 北京市自然科学基金重点项目(7021004)

作者单位:100071 北京 军事医学科学院微生物流行病研究所(方立群、曹务春、吴晓明、杨红);北京市海淀区疾病预防控制中心(敦哲、孙培源、王炳才);Division of Cancer Prevention and Control of National Cancer Institute, USA( Martin Kulldorff);中国科学院遥感应用研究所(李刘文)

通讯作者:曹务春

行区域的地理环境特点 ,从而为有针对性地开展预防和控制工作奠定基础。

材料与amp;方法

1. 疾病与人口数据 :1997 年 1 月至 2002 年 7 月北京市海淀区人群 HFRS 的发病情况(包括外地人口病例) ,收集海淀区 33 个乡(镇)街道第五次人口普查数据(由国家统计局人口与社会科技统计司提供)<sup>[2]</sup>。

2. 地理信息数据库建立与遥感影像处理 :获取北京市 1:10 万地形图(由北京大学遥感与地理信息系统研究所提供)和 2002 年 5 月北京地区 LandSat7-TM 卫星影像(由我国遥感卫星地面站接收 ,空间分辨率为 30 m) 。以北京市海淀区地形图为背景 ,在 ArcInfo 8.1 软件中矢量化乡镇边界 ,建立行政边界图层。根据 HFRS 患者监测报告卡提供的家庭住址 ,通过北京电子地图 2002 查询系统查询患者家庭所在乡(镇)街道的具体位置 ,在地形图中根据患者的经纬度信息进行标注 ,录入发病时间、所属人口辖区等信息 ,同时在地图上对人口辖区进行标注 ,录入人口及地理信息 ,建立患者地理信息和人口地理信息数据库 ,导出后供空间聚类分析使用。在 ERDAS IMAGINE 8.5 软件中对 Landsat 7-TM 卫星影像截取海淀区 ,使用 1:10 万地形图进行校正和配准 ,选取第 7、4、2 波段与 HFRS 患者地理信息图层进行叠合。

3. 空间聚类分析 :空间聚类分析方法采用在地图中建立活动圆形窗口扫描病例的方法 ,窗口的大小和位置处于动态的改变之中 ,窗口的圆心根据在地图中沿网格线或地理单位中心变动 ,聚类半径按人口辖区范围划分 ,具体为从 0 至总人口一定比例设定值之间变动(一般可设为 50%) ,半径每变动一次 ,将计算窗口内与窗口外区域之间发病率的差异 ,统计量为 log likelihood ratio(LLR) ,公式为  $LLR = \log(c/n) / [(C-c)/(C-n)]^{C-c}$  ,式中 C 为总的病例数 ;c 为活动扫描窗口内的病例数 ;n 为活动扫描窗口内的预期病例数 ,最终选取 LLR 值最大的窗口为高发病(或低发病)聚类窗口 ,确定此类所包括的地区 ,并计算该地区的相对危险度及检验统计学意义<sup>[3]</sup>。本次研究根据在 ArcInfo 8.1 软件中建立的患者地理信息、辖区地理信息以及辖区人口信息数据库 ,导入 SaTScan 3.0 空间聚类分析软件 ,确定聚类最大半径为总人口的 50% ,进行高发病率空间

聚类分析。在 ArcInfo 8.1 软件中采用空间分析模块对各乡镇的发病情况进行空间分析 ,建立海淀区 HFRS 空间分布趋势面 ,使各区域不同的发病情况采用不同的颜色和等值线显示。

结 果

海淀区 1997 年 1 月至 2002 年 7 月确诊和报告 HFRS 患者 107 例 ,其中 1999 年 5 月 11 日和 2001 年 4 月 9 日各有一例因家庭地址不详而被排除。使用全国第五次人口普查资料计算的各街道、乡、镇的累计发病率(表 1) 。空间聚类分析结果显示北京市海淀区 HFRS 病例呈聚集性分布 ,高发病聚集区包括苏家坨乡、永丰乡、上庄乡、温泉镇及聂各庄乡所属人口区域( $RR = 4.43$  , $P = 0.001$ ) ,该地区总人口为 109 909 人 ,占海淀区总人口的 4.91% ,累计发病数占总发病数的 21.9% ,年平均发病率为 3.49/10 万(表 2) 。图 1 所示海淀区总体发病趋势为北部

表1 1997 年 1 月至 2002 年 7 月北京市海淀区 33 个街道、乡、镇 HFRS 发病情况

行政区划	累计发病率(/10 万)	预期病例数	RR 值
八里庄街道	3.59	3.77	0.796
北安河乡	7.67	0.60	1.675
北太平庄街道	3.67	6.31	0.792
北下关街道	7.59	6.19	1.616
东北旺乡	5.48	1.74	1.152
东升乡	14.48	1.64	3.046
甘家口街道	0.00	5.09	0.000
海淀乡	14.34	1.71	2.923
海淀街道	0.92	5.08	0.197
花园路街道	0.77	6.06	0.165
马连洼街道	1.50	3.17	0.315
聂各庄乡	0.00	0.20	0.000
清河街道	11.13	3.36	2.381
清华园街道	14.26	2.57	2.727
青龙桥街道	8.90	3.58	1.955
上地街道	0.00	0.55	0.000
上庄乡	31.82	1.18	6.777
双榆树街道	5.97	2.35	1.275
四季青乡	4.51	4.24	0.944
苏家坨乡	21.39	0.87	4.594
田村路街道	4.40	2.14	0.933
万寿路街道	0.00	6.68	0.000
温泉镇	28.54	1.48	6.091
香山街道	2.80	1.64	0.611
西三旗街道	2.25	4.31	0.464
学院路街道	3.82	7.49	0.801
羊坊店街道	0.91	4.98	0.201
燕园街道	0.00	1.76	0.000
永定路街道	5.35	1.73	1.159
永丰乡	6.59	1.46	1.367
玉渊潭乡	0.00	2.01	0.000
中关村街道	5.14	2.78	1.079
紫竹院街道	1.49	6.30	0.318

表2 北京市海淀区 HFERS 空间聚类分析

类 别	累计 病例数	辖区 (人口数)	年平均发病率 (/10 万)	RR 值
高发聚集区	23	5(109 909)	3.49	4.43
非聚集区	82	28(2 130 263)	0.64	0.83

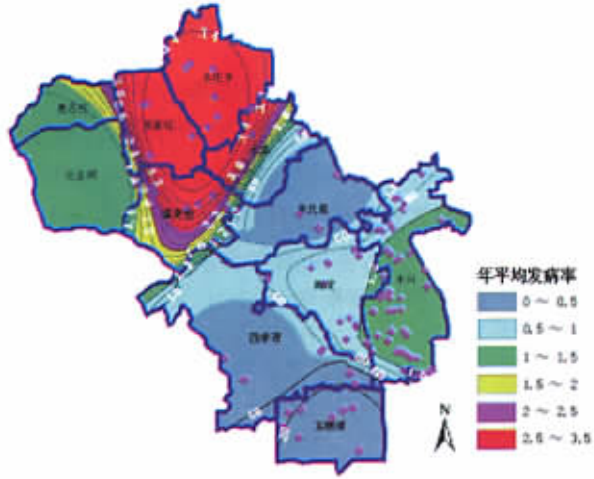
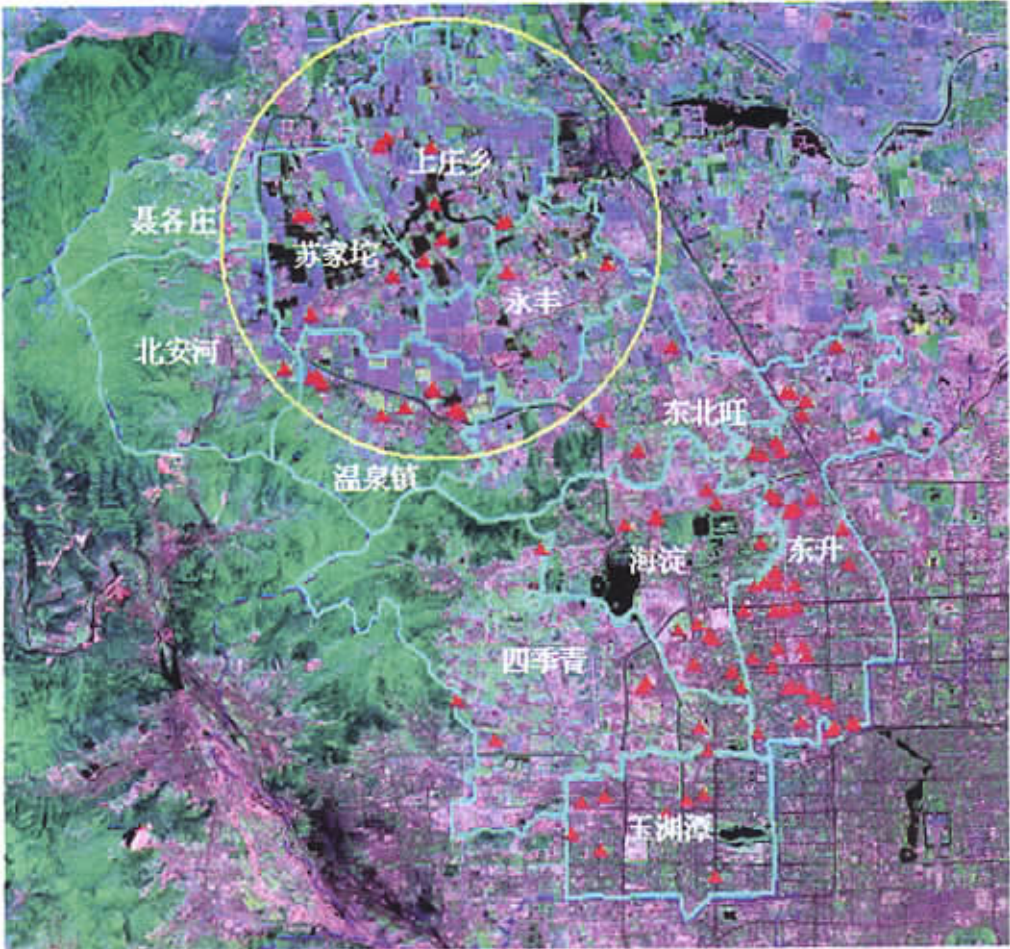


图1 北京市海淀区 HFERS 年均发病率空间分析

地区的发病率高于南部地区,等值线的疏密程度反映了该病的空间分布趋势,其中永丰乡、温泉镇东南部是该病发病率变化较明显的区域,但从病例的绝对数来看(图2中红色三角形代表病例的地理位置),东南部地区的病例数明显多于北部地区,但由于东南部地区人口基数大(2 130 263人),计算发病率反而较低。

根据空间聚类分析结果确定的高发区范围(如图2所示的圆圈内地区),叠合遥感影像和现场调查分析,显示该区域位于京密引水渠西山段及沙河水库上游的庄稼种植区,地理环境独特,农田、耕地所占的比例大(该区为北京市两大水稻种植区之一<sup>[4]</sup>),图2中黑色区域即为农田与河流,规则的浅蓝色与绿色区域为耕地),水网和植被丰富,住宅区与农田、耕地距离较近,为喜湿啮齿动物提供了丰富的食物和栖息地。



圆圈内区域为 HFERS 聚集区,红三角为患者所处地理位置

图2 TM 影像显示 HFERS 患者的分布情况及环境特征

## 讨 论

GIS 结合空间聚类分析技术依据地图中病例的空间分布,采用在地图中建立活动圆形窗口扫描病例的方法,窗口大小和圆心处于动态变化之中,计算圆形窗口内外发病率的差异,降低了人为确定考察区域范围和圆心位置的选择性偏倚<sup>[5,6]</sup>,在研究 HFRS 的地理分布方面具有一定的优势,该方法首先确定病例的空间分布是否为随机分布,若为非随机分布,则评价高发病聚集区在地理分布上是否具有统计学差异,同时该方法也适用于爆发疫情的调查,通过对染病人员的具体位置进行空间(或时空)聚类分析来推断传染源所处的地理位置,从而为推断疫情爆发的原因提供依据。研究区 HFRS 发病率空间趋势面的建立,可以更加详细、直观地反映出 HFRS 在该区域内空间分布的变化趋势,从而为选择重点研究区域、重点防制区域、现场调查点等提供依据。此次空间聚类分析结果显示北京市海淀区 HFRS 病例在地理位置上呈非随机分布,高发病聚集区包括苏家坨乡、永丰乡、上庄乡、温泉镇及聂各庄乡所属人口区域( $RR = 4.43$ ,  $P = 0.001$ ),年平均发病率为 3.49/10 万。已有研究表明,人群 HFRS 的发病率与啮齿类动物的带病毒鼠指数相关,但环境因素的改变(如自然的和人为的)与宿主动物种群、汉坦病毒、人群感染之间的联系及疫源地演变过程的原因等尚不十分清楚,本研究方法通过确定高发区范围,可以有针对性地采用 GIS 技术结合现场调查和实验室方法对高发区的地理景观、环境特征、啮齿类小兽的种群特征和带病毒情况、人群活动及 HV 的型别特征进行研究,从而为推断 HFRS 的环境危险因素及爆发性流行的原因提供基础,同时也为该病采取有针对性地预防与控制措施提供依据。

本次研究着重对北京市海淀区 HFRS 空间分布特征进行了探讨,确定了海淀区 HFRS 的高发区

域,通过现场调查和判读遥感影像分析该区域 HFRS 发病率较高的可能原因:该区域为海淀区城乡结合部位,近年来环境变化较大,使鼠类的栖息地发生了改变,以及近年外来人口增加,人口流动增大, HFRS 易感人群增加;另外该区域农田、耕地、河流比例大,且与居住区交错分布,人群与鼠类接触的机会大,也为喜湿啮齿动物提供了丰富的食物与栖息地。本研究为进一步探讨 HFRS 发病率升高与数量化评价环境因素改变(自然的和人为的)之间的可能内在联系提供了基础。针对北京市近年来 HFRS 发病逐年上升的特点,下一步研究将针对北京市 18 个区(县),使用 GIS 和遥感技术对全北京市的土地利用与土地覆盖情况进行分析,合理选择现场调查点并进行现场宿主动物调查,确定北京市宿主动物 HFRS 的分布与带病毒情况,掌握北京市 HFRS 的地域分布规律,探讨该病与环境因素之间的内在联系,从而为北京市有效预防与控制 HFRS 提供依据。

## 参 考 文 献

- 1 张秀春 胡经畲 周绍莲 等. 北京地区 1996 至 2000 年肾综合征出血热流行状况研究. 中国媒介生物学及控制杂志, 2001, 12: 218-221.
- 2 国家统计局人口和社会科技统计司. 中国乡、镇、街道人口资料(第五次人口普查). 北京:中国统计出版社, 2002. 1-6.
- 3 Kulldorff M. A spatial scan statistic. Communications in Statistics: Theory and Methods, 1997, 26: 1481-1496.
- 4 中科院遥感卫星地面站. 2000 年度京郊玉米、水稻种植区域卫星遥感影像图. 中科院遥感卫星地面站用户简讯, 2001, 3: 4.
- 5 Emma KC, James IM. Spatial analysis of human granulocytic ehrlichiosis near Lyme, Connecticut. Emerging Infectious Disease, 2002, 8: 943-948.
- 6 Kulldorff M, Feuer EJ, Miller BA, et al. Breast cancer in northeastern United States: a geographical analysis. Am J Epidemiol, 1997, 146: 161-170.

(收稿日期 2003-04-07)

(本文编辑:张林东)