

气象因素对心脑血管疾病日死亡人数影响的时间序列研究

朱勇¹, 陈晓东²

摘要: [目的] 研究气象因素对心脑血管疾病日死亡人数的影响。[方法] 采用时间序列的 Poisson 广义相加模型, 在控制了时间的长期趋势、季节趋势和其他混杂因素后, 研究南京市 2004 年 1 月 1 日~2004 年 12 月 31 日期间气象因素对心脑血管疾病日死亡人数的影响。[结果] 心脑血管疾病日死亡人数与日平均温度、日平均地面气压之间呈线性相关, 回归系数分别为 -0.018 59 ($P < 0.000 1$) 和 -0.001 38 ($P < 0.000 1$)。[结论] 随着日平均温度的降低、日平均地面气压的降低, 心脑血管疾病日死亡人数都是增加的。

关键词: 气象因素; 心脑血管疾病; 死亡; 时间序列; 广义相加模型

A TIME-SERIES STUDY ON EFFECT OF METEOROLOGICAL FACTORS ON THE DAILY MORBILITY OF CARDIOVASCULAR DISEASES ZHU Yong, CHEN Xiao-dong. (School of Public Health, Southeast University, Nanjing 210009, China)

Abstract: [Objective] To study the effect of meteorological factors on the daily morbidity of cardiovascular diseases. [Methods] By the Poisson generalized additive mode of time-series study, the effect of meteorological factors on the daily morbidity of cardiovascular diseases in Nanjing from January 1st to December 31st was analyzed after controlling the time secular trend, season trend and other confounding factors. [Results] The number of people died from cardiovascular diseases was associated with the daily average temperature and daily average surface pressure, and the regression coefficients were -0.01859 ($P < 0.000 1$) and -0.00138 ($P < 0.000 1$), respectively. [Conclusion] The morbidity of patient with cardiovascular diseases increases with the reducing of daily average temperature and daily average surface pressure.

Key words: Meteorological factors; Cardiovascular diseases; Death; Time series; Generalized additive model

当前, 心脑血管疾病在日益老龄化的城市正显得越发突出, 严重影响着人类的期望寿命和生存质量。而气象因素正是引起心脑血管疾病突发死亡的原因之一^[1,2]。因此从预防的角度出发, 研究气象因素对心脑血管疾病日死亡人数的影响, 为政府制定保护性政策提供依据, 是十分必要的。

1 材料和方法

1.1 研究区域

为江苏省南京市, 该市地处中纬度地区, 属北亚热带季风气候。

1.2 资料收集

死亡资料来自南京市 2004 年死亡医学登记系统, 其中心脑血管疾病日死亡人数按国际疾病标准编码 (ICD-10) 的 I00~I99 进行统计。气象资料来自南京市气象局, 包括: 南京市 2004 年逐日平均温度、平均相对湿度、平均地面气压等。大气污染资料则采用环保局发布的南京市 2004 年逐日空气污染指数。

1.3 统计分析

由于本研究中的数据属于时间序列数据, 并且时间序列中的反应序列往往存在着与时间有关的趋势项, 因此要分析气象因素对心脑血管疾病日死亡人数的影响就必须首先去除时间趋势项和其他混杂作用的影响^[3]。而广义相加模型^[4] (generalized additive models, GAM) 就可以通过非参数平滑 (smoothing spline function) 最大限度地减少时间序列数据间的自相关、灵活地控制混杂因素。所以本研究采用广义相加模型模拟气象因素对心脑血管疾病日死亡人数的影响。统计分析软件为 SAS8.2^[5]。

2 结果

2.1 描述性统计分析结果

南京市 2004 年 1 月 1 日~2004 年 12 月 31 日期间气象因素、大气污染及心脑血管疾病死亡情况见表 1。

南京市 2004 年 1 月 1 日~2004 年 12 月 31 日期间日气象因素及心脑血管疾病日死亡人数时间序列见图 1、2。

2.2 广义相加模型模拟分析结果

2.2.1 模型的建立 由于人群中心脑血管疾病日死亡人数近似服从 Poisson 分布, 因此在广义相加模型中采用 Poisson 分布作为回归模型的分布族 (family distribution), 对数函数作为连接函数 (link function)^[6]。则基本模型为:

$$\log [E(Y_t)] = +S(\text{TEMP}, df) + s(\text{RH}, df) + s(\text{STP}, df) + s(\text{API}, df) + s(\text{QW}, df) + s(\text{QY}, df)$$

作者简介: 朱勇 (1981-), 男, 硕士在读, 研究方向: 环境与健康

通讯作者: 陈晓东 (1962-), 男, 教授, E-mail: jscxd@126.com

作者单位: 1.东南大学公共卫生学院, 南京, 210009; 2.江苏省疾病预防控制中心

表 1 2004 年南京市气象因素、大气污染及心脑血管疾病死亡情况

指标	Mean	Std	Min	P25	Median	P75	Max
温度 (°C)	16.98	8.93	-3.00	9.80	17.90	24.00	33.60
湿度 (%)	69.94	12.75	29.00	63.00	70.00	79.00	95.00
气压 (mmHg)	10118.40	92.80	9924.00	10038.00	10122.00	10193.00	10323.00
空气污染指数	85.35	26.95	20.00	66.00	85.00	98.00	185.00
日死亡人数	16.34	5.14	7.00	13.00	16.00	19.00	52.00

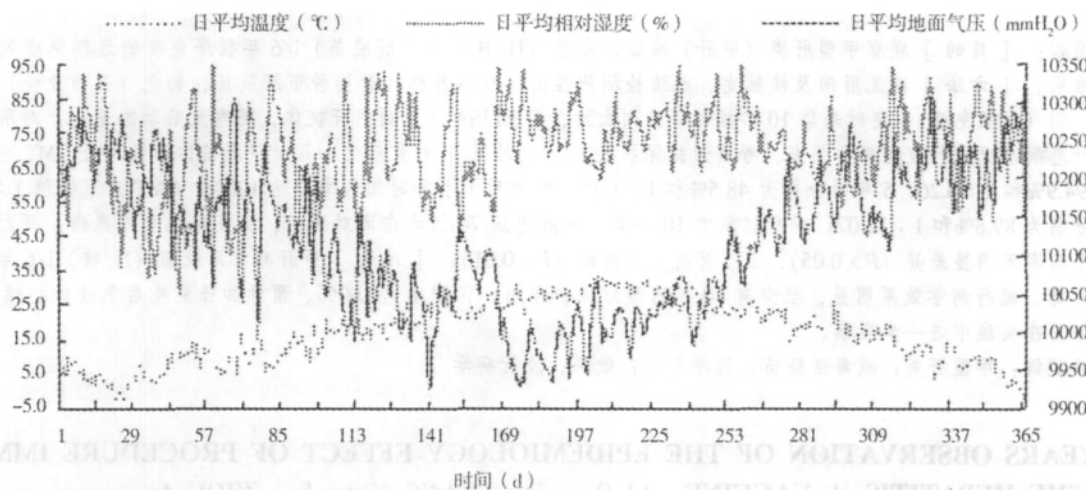


图 1 2004 年南京市日气象因素时间序列

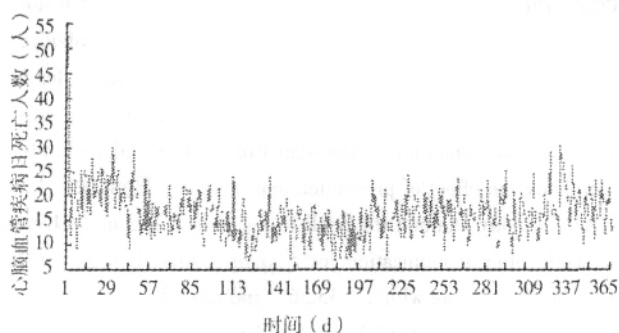


图 2 2004 年南京市心脑血管疾病日死亡人数时间序列

式中: $E(Y_t)$ 观察日 t 当天心脑血管疾病死亡人数预期值; α 截距; S 非参数平滑函数; df 自由度; $TEMP$ 观察日 t 当天平均温度, 解释因素; RH 观察日 t 当天平均相对湿度, 解释因素; STP 观察日 t 当天平均地面气压, 解释因素; API 观察日 t 当天空气污染指数, 混杂因素; DW 星期哑元变量, 用以控制“星期几”效应; DY 观察日 t 在研究时序中的天数序列号, 用以控制时间的长期趋势和季节趋势。考虑到心脑血管疾病死亡的突发性, 故本研究只考察了观察日 t 当天的气象要素对心脑血管疾病日死亡人数的影响, 而未考察其滞后 (lag) 效应^[6]。

2.2.2 模型的修正 利用上述模型模拟气象因素对心脑血管疾病日死亡人数影响的结果见表 2、3。

表 2 显示, 日平均温度和日平均地面气压与心脑血管疾病日死亡人数之间的线性趋势均显著 ($P < 0.0001$); 表 3 显示, 日平均相对湿度对心脑血管疾病日死亡人数的影响是有统计学意义的 ($P = 0.0205$) 且心脑血管疾病日死亡人数有着明显的长期趋势和季节趋势 ($P < 0.0001$); 而其他因素则无统计学意义。

因此调整模型为:

$$\log[E(Y_t)] = \alpha + TEMP + s(RH, df) + STP + s(DY, df)$$

式中: α 观察日 t 当天平均温度的回归系数; s 观察日 t 当天平均地面气压的回归系数。

表 2 模型参数部分的参数估计

变量	参数估计值	标准误	t 值	P 值
Intercept	15.93202	3.16180	5.04	< 0.0001
Linear (TEMP)	-0.01715	0.00318	-5.39	< 0.0001
Linear (RH)	-0.00072178	0.00110	-0.66	0.5121
Linear (STP)	-0.00127	0.00030768	-4.12	< 0.0001
Linear (API)	0.00023588	0.00048630	0.49	0.6280
Linear (DW)	0.00001068	0.00645	0.00	0.9987
Linear (DY)	0.00008075	0.00014547	0.56	0.5793

表 3 模型非参数部分的离差分析

光滑成分	自由度	平方和	χ^2 值	P 值
Spline (TEMP)	5.02109	8.377139	9.0044	0.1101
Spline (RH)	21.36031	34.161792	36.7196	0.0205
Spline (STP)	1.78434	1.184557	1.2732	0.4748
Spline (API)	5.76745	9.638094	10.3597	0.0986
Spline (DW)	2.77790	1.869647	2.0096	0.5278
Spline (DY)	21.13181	73.407444	78.9036	< 0.0001

2.2.3 气象因素对心脑血管疾病日死亡人数的影响分析 利用调整后的模型模拟气象因素对心脑血管疾病日死亡人数影响的结果见表 4、5。

(下转第 1040 页)

对照组之间甲肝患病率无明显差异 ($P > 0.05$), 但显著高于免疫组 ($P < 0.01$)。

由此可见, 甲肝疫苗 (H_2 株) i/6 年程序免疫效果良好, 流行病学效果明显, 至少在 10 年内对接种者具有良好的预防保护作用, 保护率达 100%。纵观程序免疫的全过程, 并比较图 1 和图 2 便不难发现, 初免和再免后 GMT 的动态变化即相似又不同。其相似点有 3: 两者均为单峰型; 下降过程分为快速和缓慢两个阶段; 两个阶段的转折点均在峰值的 50% 处。不同的是时间和速度, 前者峰低而平坦, 从免疫开始到 GMT 下降至峰值的 50% 处绵延了 1 年时间, 后者则在 2 个月内完成, 且峰高而陡峭, 但下降阶段转折点之后则比前者平坦得多。前者是原发性免疫反应而后者是回忆性免疫反应^[7]可圆满解释两者抗体上升速度之不同, 但两者下降速度之不同又是什么机理所致? 50% 的抗体哪里去了? 均有待以后研究阐明。将图 2 的 X 轴延长到 350 个月 (约 30 年), 经各散点绘制平滑曲线, 并顺其走势继续延伸, 以预测 5 年以后的抗体变化趋势, 可以看出, 如无外在因素干扰, 及至 30 年时, GMT 至少在 1:4.0 以上, 约与初免后 1 年时的水平相当, 见图 3。由此可以预见, 甲肝疫苗加强免疫后免疫保护性持续 30 年是可以肯定的, 但其实际保护效果如何有待在实践中进一步观察。

参考文献:

- [1] 张淑雅, 毛江森, 黄海鹰, 等. 甲型肝炎减毒活疫苗 (H_2 株) 在人体接种的安全性观察 [J]. 中华医学杂志, 1990, 70 (12): 682-684.
- [2] 汪守怡, 赵守军, 徐志一, 等. 不同剂量甲型肝炎减毒活疫苗免

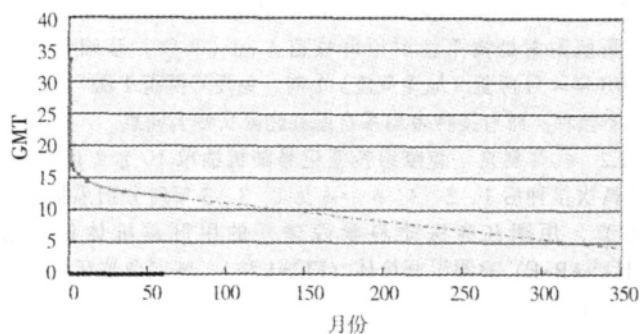


图 3 加强免疫后 GMT 走势预测

疫原性与免疫持久性观察 [J]. 中华流行病学杂志, 2001, 22 (2): 111-113.

- [3] 陈念良, 柴少爱, 黄海鹰, 等. 甲型肝炎减毒活疫苗 H_2 株的免疫效果 [J]. 中华医学杂志, 1992, 72 (10): 581-583.
- [4] 於平, 李丽, 柴少爱, 等. 甲型肝炎减毒活疫苗 (H_2 株) 不同加强程序的免疫效果 [J]. 中国计划免疫, 2003, 9 (5): 288-290.
- [5] 庄昉成, 忻亚娟, 钱汶, 等. 甲型肝炎减毒活疫苗 (H_2 株) 不同间隔时间加强免疫的效果 [J]. 中国生物制品学杂志, 2001, 14 (4): 196-196.
- [6] 张英林, 马景臣, 吴淑慧, 等. 甲型肝炎减毒活疫苗 0、12 个月免疫程序效果观察 [J]. 中国计划免疫, 2001, 7 (3): 144-145.
- [7] 刘翌, 徐志一, 欧阳佩英, 等. 甲型肝炎减毒活疫苗再免疫的研究 [J]. 中华预防医学杂志, 1998, 32: 162-164.

(收稿日期: 2007-06-05)

(上接第 1037 页)

表 4 模型参数部分的参数估计

变量	参数估计值	标准误	t 值	P 值
Intercept	17.08835	3.15313	5.42	< 0.0001
TEMP	-0.01859	0.00318	-5.85	< 0.0001
STP	-0.00138	0.00030669	-4.49	< 0.0001
Linear (RH)	-0.00065046	0.00109	-0.60	0.5504
Linear (DY)	-0.00000585	0.00014561	-0.04	0.9680

表 5 模型非参数部分的离差分析

光滑成分	自由度	平方和	χ^2 值	P 值
Spline (RH)	14.30889	26.776795	28.5307	0.0138
Spline (DY)	28.76345	117.445489	125.1382	< 0.0001

表 4 和表 5 结果显示: 心脑血管疾病日死亡人数与日平均温度、日平均地面气压之间呈线性相关, 回归系数分别为 -0.01859 ($P < 0.0001$) 和 -0.00138 ($P < 0.0001$), 即随着日平均温度的降低、日平均地面气压的降低, 心脑血管疾病日死亡人数都是增加的; 另外日平均相对湿度对心脑血管疾病日死亡人数的影响也是有统计学意义的 ($P = 0.0138$); 同时心脑血管疾病日死亡人数的长期趋势及季节趋势也很显著 ($P < 0.0001$)。

3 讨论

本研究采用了广义相加模型来研究气象要素对心脑血管疾

病日死亡人数的影响, 发现利用非参数平滑函数控制了时间序列资料的长期趋势、季节趋势和其他混杂因素后, 心脑血管疾病日死亡人数随着日平均温度的降低而增加, 随着日平均地面气压的降低其死亡人数也是增加的。分析其原因可能是: (1) 较低的日平均温度会引起血管痉挛、血压升高, 造成血管舒张功能障碍, 从而导致心脑血管疾病死亡的发生; (2) 心肌、大脑组织对缺氧非常敏感, 日平均地面气压较低时, 人进行体力活动会加大心脏和大脑的耗氧量, 从而诱发心脑血管疾病死亡。鉴于本研究的结论, 我们认为在进行气象因素对心脑血管疾病危害预测预报的同时, 应加强人群特别是心脑血管疾病患者的预防措施宣传, 减少不利气象因素导致的心脑血管疾病死亡。

参考文献:

- [1] 刘方, 张金良, 陆晨, 等. 北京地区气温与脑卒中发病关系的时间序列研究 [J]. 中华流行病学杂志, 2004, 25 (11): 962-966.
- [2] 刘方, 张金良, 陆晨, 等. 北京地区气温与急性冠心病的时间序列研究 [J]. 环境与健康杂志, 2005, 22 (4): 252-255.
- [3] 陈林利, 汤军克, 董英, 等. 广义相加模型在环境因素健康效应分析中的应用 [J]. 数量医药学杂志, 2006, 19 (6): 569-570.
- [4] 冯国双, 陈景武. 广义可加模型及其 SAS 程序实现 [J]. 中国卫生统计, 2007, 24 (1): 82-84.
- [5] SAS Institute Inc. SAS/STAT Software: Changes and Enhancements, Release 8.2 [M]. Cary, NC: SAS Institute Inc, 2001.
- [6] Alfásio L. F. Braga, Antonella Zanobetti, Joel Schwartz. The Effect of Weather on Respiratory and Cardiovascular Deaths in 12 U.S. Cities [J]. Environmental Health Perspectives, 2002, 110 (9): 859-863.

(收稿日期: 2007-09-24)