

网络出版时间: 2020-7-15 9:01 网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1065.R.20200713.1200.014.html>

◇预防医学研究◇

马鞍山市 2007 ~ 2017 年温湿指数对 交通伤影响的时间序列研究

张 允¹, 梁明明^{1*}, 施婷婷¹, 叶鹏鹏², 汪 媛², 邢秀雅³, 姚镇海⁴, 闵 敏¹, 屈光波¹, 段蕾蕾², 孙业桓¹

摘要 目的 探讨温湿指数与交通伤的关系。方法 采用 Poisson 广义分布滞后非线性模型分析温湿指数与交通伤的关系,并按性别、年龄进行亚组分析。结果 交通伤与温湿指数呈非线性关系,危险效应随温湿指数的变化,呈先增加后降低趋势,但总体危险效应均具有统计学意义。温湿指数(P_{25} 分位数)对交通伤的危害效应于暴露当天达到最大 [P_{25} : 相对危险度(RR) = 1.102(1.010 ~ 1.201)] 在滞后第 5 天结束。亚组分析发现滞后 0 ~ 5 d 内,温湿指数对男性和 >14 ~ <65 岁组人群均有影响,但对 ≤14 岁和 ≥65 岁人群的影响差异无统计学意义。结论 温湿指数与交通伤的发病风险存在关联,且存在滞后效应。

关键词 交通伤; 温湿指数; 分布滞后非线性模型

中图分类号 R 128+.2

文献标志码 A 文章编号 1000-1492(2020)08-1221-06

doi: 10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2020.08.014

道路交通伤是全球最大的公共健康威胁之一,常被认为是不可预见的意外事件^[1],研究^[2]显示,影响道路交通伤的发生和严重性的因素主要包括三个方面,即人、车和环境因素。天气状况作为环境影响因素可能直接或间接地影响道路交通伤的发生频率和严重程度^[3]。温湿指数(Humidex)是由加拿大气象局制定出的一个综合指标,由温度和相对湿度相结合计算而成,用它来反映人体对外界环境温度的感觉。由于目前还没有相关文献研究温湿指数与

道路交通伤的关系,因此,该研究使用 2007 ~ 2017 年马鞍山市每日道路交通伤病例数和同一时期的每日气象数据,运用分布滞后非线性模型(distributed lag non-linear model, DLNM)分析温湿指数对马鞍山市道路交通伤的影响以及相关的滞后效应,以便为马鞍山市道路交通伤的防治控制和早期预警提供相应的科学依据。

1 材料与方法

1.1 病例资料 数据来源于马鞍山市 3 家国家伤害监测点,为 2007 年 1 月 1 日 ~ 2017 年 12 月 31 日伤害监测中的道路交通伤害总病例。道路交通伤害为道路交通碰撞中造成的致死性或非致死性的损伤。收集的信息包括患者一般基本信息、伤害的基本情况以及伤害相关临床信息。为分析脆弱人群,根据以往相关研究资料^[4]对患者根据年龄、性别进行亚组划分:①≤14 岁组人群、>14 ~ <65 岁组人群和 ≥65 岁组人群;②男性和女性。

1.2 气象资料 从中国气象科学数据共享网站下载 2007 年 1 月 1 日 ~ 2017 年 12 月 31 日气象资料,包括平均温度、相对湿度、最高气压、日照时数、风速和降雨量等。参考加拿大温湿指数计算方法(<http://www.csgnetwork.com/>),计算出每日温湿指数。

1.3 统计学处理 采用 Spearman 等级相关分析方法,分析温湿指数与各个气象因子之间的相关性。为消除变量之间共线性的影响,将与温湿指数相关性强($r_s > 0.70$)^[5]的气象因素排除在模型外。使用 DLNM 模型,温湿指数采用交叉基的形式纳入 DLNM,由于交通伤病例为小概率事件,且经检验显示数据存在过度离散化,所以模型的链接函数为广义泊松回归(Quasi-Poisson),此外,控制长期趋势、假期效应(按国家法定公共假日计算)、星期几效应(day of week, DOW)、日最大气压、日降雨量、平均

2020-05-15 接收

基金项目: 国家科技基础资源调查专项基金(编号: 2017FY101200)

作者单位: ¹ 安徽医科大学公共卫生学院流行病与卫生统计学系,合肥 230032

² 中国疾病预防控制中心慢性非传染性疾病预防控制中心,北京 100050

³ 安徽省疾病预防控制中心慢性非传染性疾病预防科,合肥 230601

⁴ 安徽省气象局安徽省公共气象服务中心,合肥 230031

作者简介: 张 允,女,硕士研究生;

孙业桓,男,教授,博士生导师,责任作者, E-mail: yhsun_ahmu_edu@yeah.net

* 对本文具有同等贡献

风速、每日日照时间等混杂因素。模型公式如下:

$$Y_t \sim \text{Poisson}(\mu_t)$$

$$\log(\mu_t) = \alpha + \beta(\text{Humidex}_t, 1) + \text{ns}(\text{Weather confounders } \beta) + \text{ns}(\text{Time}_t, 5) + \eta \text{DOW}_t + \nu \text{Holiday}_t$$

式中, t 为观察日期, Y_t 指 t 时间内的道路交通伤病例数; α 指模型的截距, $(\text{Humidex}_t, 1)$ 是应用 DLNM 中的交叉基函数获得的关于温湿指数的二维矩阵, β 是该矩阵的系数; $\text{ns}(\text{Weather confounders } \beta)$ 指使用自由度等于 4 的自然立方样条函数控制其他气象因素(风速、日照时数、降雨量)的影响, $\text{ns}(\text{Time}_t, 5)$ 指使用自由度等于 5 的自然立方样条函数控制长期趋势; DOW_t 和 Holiday_t 为分类变量, 分别用于控制星期几效应和节假日效应, η 和 ν 是它们的系数。模型设定最大滞后天数为 8 d, 因为滞后第 8 天时, 温湿指数的效应可以忽略, 且根据赤池信息准则 (akaike information criterion, AIC) 判断, 此时的 AIC 值相对较小。敏感性分析中, 通过调整风速、日照时数、降雨量和长期趋势的自由度, 比较拟合结果的变化。温湿指数的短期效应采用相对危险度 (relative risk, RR) 指标描述, 应用 R (3.1.1) 软件中的 “splines” 和 “dlnm” 软件包对数据进行统计学分析。采用双侧统计学检验, 检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 基本情况 2007 ~ 2017 年马鞍山市共报告交通伤病例 43 830 例, 其中男性 23 685 例, 女性 20 145

例(男女比例为 1.17 : 1), 温湿指数、平均温度、相对湿度、降雨量、风速、日照时间日均值分别为 19.9、16.8 °C、71.0%、3.5 mm、2.5 m/s、4.8 h (表 1)。温湿指数和交通伤的时间分布图显示两者的分布趋势及对应的高峰时段较为一致, 提示温湿指数与道路交通伤可能存在关联, 见图 1。

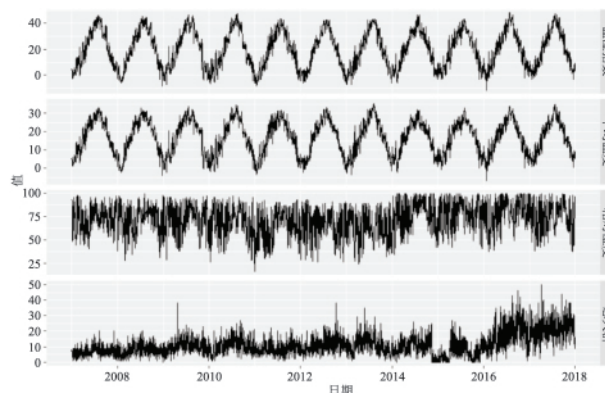


图 1 马鞍山市 2007 ~ 2017 年温湿指数、平均温度和相对湿度的时间分布

2.2 相关性分析 相关分析结果发现, 温湿指数与日照时间、降雨量以及平均风速均为正相关, 且它们之间的相关性均较小, 因此将这些变量一并纳入 DLNM 模型中进行调整。而温湿指数和平均气压呈现负相关关系, 平均气压与温湿指数相关性较大, 所以平均气压不纳入模型控制。此外, 因为温湿指数是由相对湿度与平均温度结合计算出来的指标, 所以在模型中并不纳入平均温度和相对湿度, 而相关

表 1 马鞍山市 2007 ~ 2017 年交通伤害病例数及同期气象变量的基本信息

变量	伤害例数	平均值 (SD)	最小值	P_5	P_{10}	P_{25}	P_{50}	P_{75}	P_{90}	P_{95}	最大值
全人群数	43 830	10.9 (7.0)	0	2	3	6	10	14	20	25	50
性别											
男性	23 685	5.9 (4.1)	0	1	1	3	5	8	11	14	30
女性	20 145	5.1 (3.7)	0	0	1	2	4	7	10	12	29
年龄 (岁)											
≤14	2 898	0.7 (1.0)	0	0	0	0	0	1	2	3	12
>14 ~ <65	37 625	9.4 (6.1)	0	2	3	5	8	12	18	22	43
≥65	3 307	0.8 (1.1)	0	0	0	0	1	1	2	3	8
气象因素											
平均温度 (°C)	—	16.8 (9.2)	-7.0	1.7	3.8	8.8	18.0	24.5	28.4	30.5	35.4
相对湿度 (%)	—	71.0 (15.9)	16.0	43.0	49.0	60.0	72.0	83.1	91.0	95.5	99.0
温湿指数	—	19.9 (14.0)	-11.5	-1.4	1.3	7.5	20.3	31.6	39.5	42.0	48
平均风速 (m/s)	—	2.5 (1.2)	0.0	0.8	1.1	1.6	2.3	3.2	4.1	4.8	9.1
降雨量 (mm)	—	3.5 (11.1)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	9.7	18.7	172.1
日照时长 (h)	—	4.8 (4.2)	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	8.6	10.3	11	13.1

P_5 、 P_{10} 、 P_{25} 、 P_{50} 、 P_{75} 、 P_{90} 、 P_{95} : 第 5 百分位数、第 10 百分位数、第 25 百分位数、第 50 百分位数、第 75 百分位数、第 90 百分位数、第 95 百分位数; SD: 标准差

性比较小的降雨量、日照时间和平均风速纳入控制模型。

2.3 温湿指数与交通伤的关系

2.3.1 温湿指数对交通伤的影响 图2为温湿指数与交通伤关系的热图,从图2可见,温湿指数在0~10期间对交通伤发生情况影响最大,而且温湿指数对交通伤的影响效应在较长的一段时间内一直存在。以温湿指数的中位数(20.3)作为比较基准,温湿指数与道路交通伤的剂量反应图显示温湿指数与人群交通伤病例发生风险呈非线性关系,且随着温湿指数的增加,交通伤发生风险呈增大趋势,到一定程度发生风险又呈降低趋势,见图3。

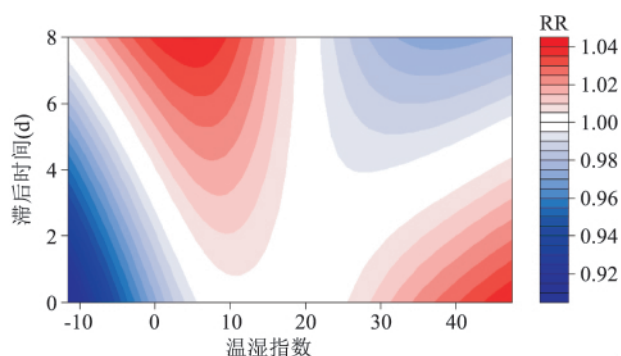


图2 温湿指数与交通伤发生关系的热图

2.3.2 温湿指数与交通伤的非线性关系 以交通伤最低相对危险度对应的温湿指数(-11.5)作为比较基准,模拟温湿指数与各亚组交通伤发生风险的关系(见图4)。从图4可以看出温湿指数对男性、女性、>14~<65岁人群的交通伤的影响虽有

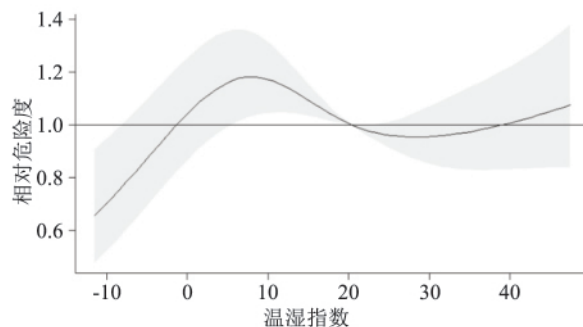


图3 温湿指数与马鞍山市人群交通伤病例的剂量反应图(参比值:20.3)

区别,但是其对不同组的效应模式总体趋势大致相同,即开始随着温湿指数的增加,交通伤发生风险增加,之后逐渐有减少趋势,但总体RR均大于1,提示温湿指数增加此类人群交通伤的风险,而温湿指数对≤14岁年龄组和≥65岁年龄组人群一直都没有危险效应。详见图4。

2.3.3 温湿指数对交通伤的滞后影响 以低温湿指数第25百分位(7.5)与最低危险度对应的温湿指数(-11.5)比较。表2显示在暴露当天的单天效应最大(P_{25} : $RR = 1.102$, 95% CI : 1.010 ~ 1.201),之后逐渐减小到滞后的第5天结束。亚组分析发现,在不同亚组组别之间温湿指数的影响效应出现一定的差异。性别分析发现,男性更容易受到温湿指数的影响,其危害效应在暴露当天最高(P_{25} : $RR = 1.152$, 95% CI : 1.039 ~ 1.277),滞后效应逐渐减少到第5天结束,而女性对低温湿指数敏

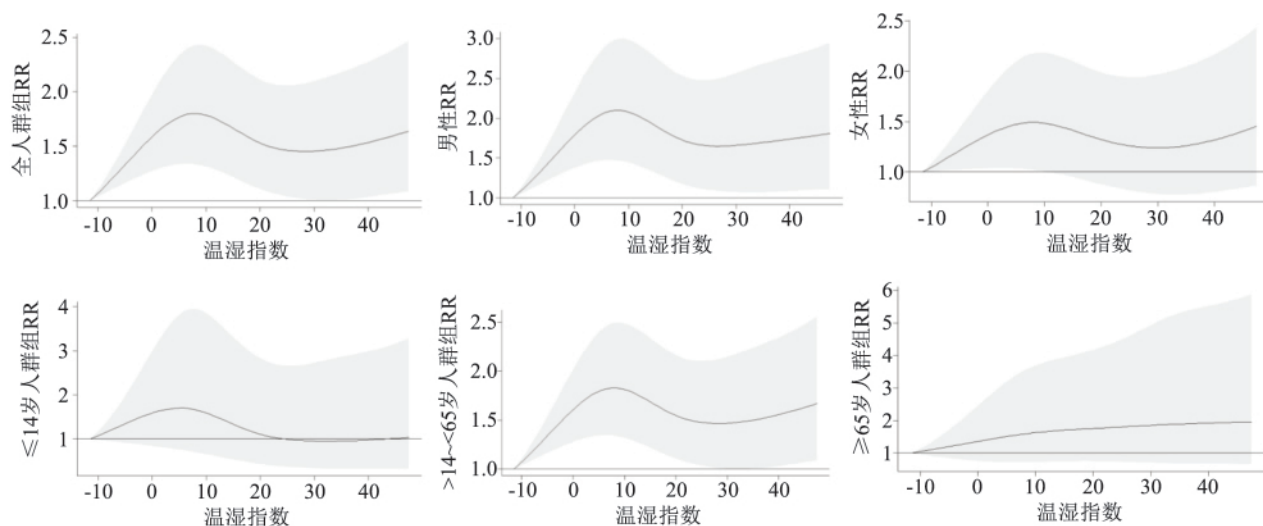
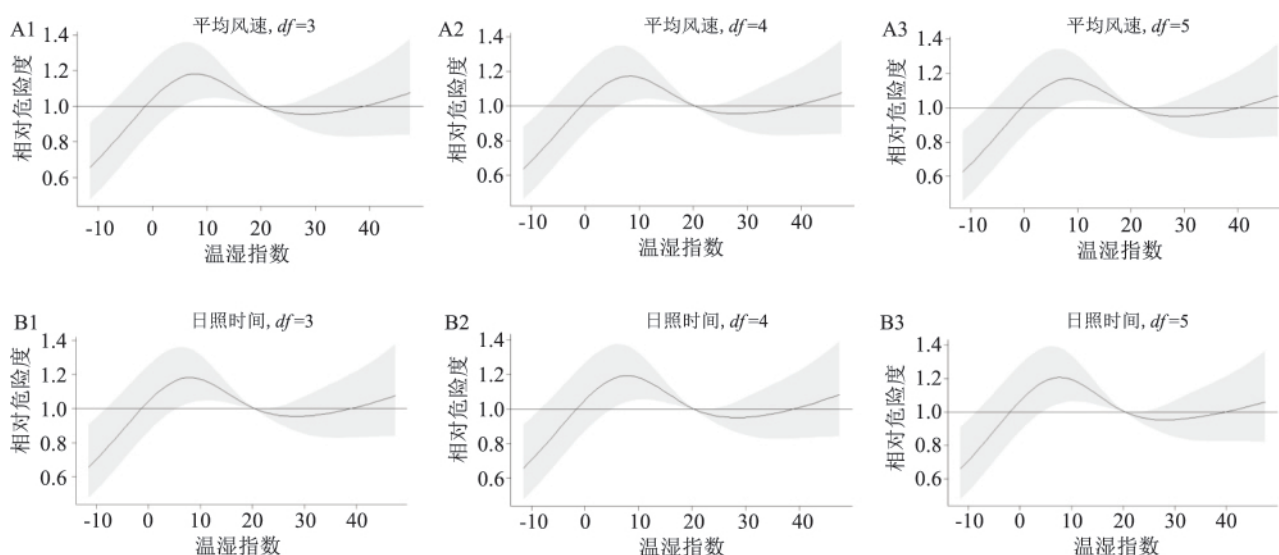


图4 温湿指数与各亚组交通伤人群剂量反应图(参比值:-11.5)

表2 马鞍山市第25百分位数(7.5)温湿指数对交通伤影响的单天滞后相对危险度(RR) (参比值: -11.5)

单日滞后	RR(95% CI)					
	全人群	男性	女性	≤14岁人群组	>14~<65岁人群组	≥65岁人群组
0	1.102(1.010~1.201)*	1.152(1.039~1.277)*	1.043(0.936~1.164)	1.145(0.890~1.473)	1.103(1.008~1.206)*	1.071(0.849~1.351)
1	1.093(1.020~1.170)*	1.135(1.046~1.232)*	1.044(0.957~1.139)	1.123(0.919~1.371)	1.094(1.019~1.175)*	1.066(0.887~1.282)
2	1.084(1.029~1.143)*	1.118(1.051~1.191)*	1.045(0.977~1.116)	1.101(0.946~1.282)	1.086(1.028~1.147)*	1.061(0.922~1.221)
3	1.076(1.035~1.119)*	1.102(1.052~1.155)*	1.045(0.994~1.098)	1.080(0.964~1.210)	1.078(1.035~1.122)*	1.056(0.951~1.173)
4	1.067(1.033~1.033)*	1.086(1.044~1.129)*	1.046(1.003~1.090)*	1.059(0.963~1.165)	1.069(1.033~1.107)*	1.052(0.962~1.149)
5	1.059(1.020~1.100)*	1.070(1.023~1.119)*	1.046(0.997~1.097)	1.039(0.931~1.159)	1.061(1.021~1.037)*	1.047(0.946~1.158)
6	1.051(0.999~1.105)	1.054(0.993~1.119)	1.047(0.982~1.115)	1.019(0.880~1.179)	1.053(1.000~1.110)*	1.042(0.910~1.193)
7	1.034(0.976~1.114)	1.039(0.960~1.124)	1.047(0.963~1.139)	0.999(0.824~1.212)	1.045(0.976~1.120)	1.037(0.867~1.240)
8	1.043(0.951~1.125)	1.024(0.926~1.131)	1.048(0.942~1.164)	0.980(0.767~1.251)	1.037(0.951~1.132)	1.032(0.823~1.294)

注: * $P < 0.05$ 图5 改变控制平均风速、日照时间的自由度($df=3 \sim 5$)时温湿指数对交通伤的影响

A: 改变控制平均风速的自由度时温湿指数对交通伤的影响; B: 改变控制日照时间的自由度时温湿指数对交通伤的影响; 1: 自由度为3; 2: 自由度为4; 3: 自由度为5

感性较弱, 只有在滞后第四天表现出较弱的影响 (P_{25} : $RR = 1.046$, 95% CI : $1.003 \sim 1.090$)。此外, 在年龄组分析中发现, 年龄 ≤ 14 岁和 ≥ 65 岁人群对低温湿指数不敏感, 一直没有表现出有意义的效应, 而温湿指数对 $> 14 \sim < 65$ 岁年龄组人群影响相对较大, 这种影响在暴露第1天较为明显 (P_{25} : $RR = 1.103$, 95% CI : $1.008 \sim 1.206$), 持续到第5天结束。详见表2。

2.4 敏感性分析 为检验运用此模型对结果模拟的稳定性, 通过改变控制长期趋势的自由度 ($df=4 \sim 6$) 以及降雨量、日照时间、平均风速的自由度 ($df=3 \sim 5$) 结果显示拟合的结果变化比较小, 表明结果稳定性较好 (图5、6)。

3 讨论

随着社会经济的快速发展和交通机动化程度的迅速提高, 道路交通伤害对人群健康和社会安全造成的威胁越来越严重。本研究采用分布滞后非线性模型 (DLNM) 探讨了2007~2017年马鞍山市温湿指数与交通伤发生风险的关系。主要得出以下结果: ①本地区温湿指数同降雨量、平均风速、日照时长呈正相关。②以温湿指数的中位数 (20.3) 和最低危险度对应的温湿指数 (-11.5) 作为比较基准, 发现温湿指数与交通伤风险呈非线性关系, 危险效应随温湿指数的增加先增加后降低, 但总体危险效应都具有统计学意义, 且在暴露当天危险效应最大,

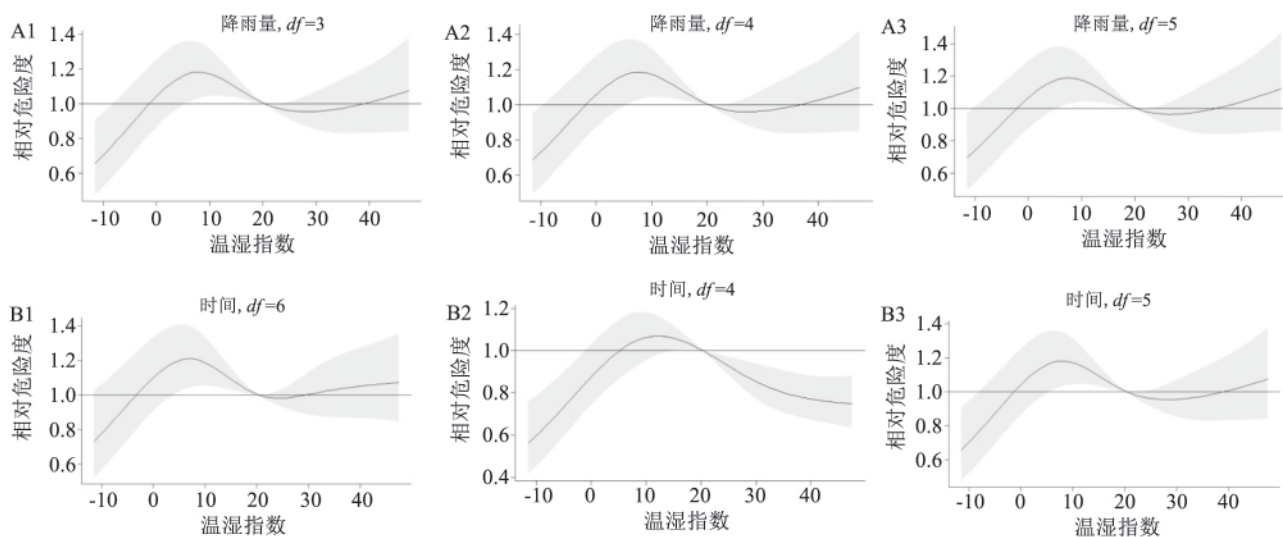


图6 改变控制降雨量的自由度($df=3\sim5$)和长期趋势的自由度($df=4\sim6$)时温湿指数对交通伤的影响

A: 改变控制降雨量的自由度时温湿指数对交通伤的影响; B: 改变控制长期趋势的自由度时温湿指数对交通上的影响; 1: 自由度分别为 3、6; 2: 自由度为 4; 3: 自由度为 5

滞后效应持续至滞后第 5 天。③ 按性别、年龄分层分析发现, 男性, 年龄在 $>14\sim<65$ 岁人群中更容易受温湿指数的影响, 女性对温湿指数敏感性较弱, 而年龄 ≤ 14 岁和年龄 ≥ 65 岁人群一直未显示出有意义的效应。

近年来温湿指数作为反映温度和湿度共同作用的指标逐渐被用来分析不同气象条件对人体健康的影响^[6-7], 但文献检索并未发现关于温湿指数与交通伤发生风险关系的研究, 所以无法与同类文章进行比较, 但已有研究结果显示交通伤的发生与气温、相对湿度均存在显著正相关关系^[8-9]。这可能是因为温暖的日子里, 随着温度的增高, 驾驶员肌肉松弛, 心率加快, 大脑皮层抑制性增强, 应变能力下降, 操作灵活性减弱, 再加上道路上行人多, 路旁摆摊设点多, 交通事故就容易发生^[9], 此外, 在温暖的日子穿的衣服较薄, 当发生道路交通碰撞也会增加道路交通伤害风险。先前有研究结果显示, 与女性相比, 男性占道路交通事故人数的比例更高^[10]。原因可能是男性比女性更容易从事危险驾驶^[11], 且驾驶员、出行人员大部分为成年人。 $>14\sim<65$ 岁人群中更容易受温湿指数的影响, 可能是因为成年组人群户外活动多且范围比较广^[12], 且此人群为社会主要劳动者, 每天上下班出行的高峰期骑车、开车或者匆忙赶路过程中容易存在忽视和违反道路交通规则的侥幸心理^[13], 发生不安全道路交通行为, 因

此导致此人群的易发生道路交通伤。其次, 有研究发现次人群由于其安全意识薄弱、生活工作经验不足以及性情容易波动, 易发生创伤^[14]。温湿指数对 ≤ 14 岁年龄组和 ≥ 65 岁年龄组人群一直都没有表现出有统计学意义的危险效应, 可能由于大多数老年人很少去公众场合, 且老年人一般认为其驾驶能力有所下降, 如果出行会选择公共交通工具或采用步行等方式参与交通出行, 这些交通出行方式相对比较安全^[15]。儿童在外玩耍一般有大人看护, 且 ≤ 14 岁儿童很少自己单独外出。本研究存在一定局限性与不足。首先, 本研究地点仅限马鞍山市, 由于不同地区经济状况、气候条件下温湿指数对交通伤的影响存在差异, 所以本研究的结果外推有局限性。其次, 本研究属于生态学研究, 对于个体的很多因素没有办法详尽控制, 可能会存在生态学谬误, 此外, 关于交通伤病例可能存在漏报情况, 会降低危险效应的预测。

道路交通伤是威胁人类生命安全的最大杀手之一, 如何有效控制并降低交通伤的发生风险是防治工作的重点内容。本研究采用泊松广义线性回归模型结合分布滞后非线性模型探索了温湿指数与交通伤之间的关系以及滞后效应, 并发现了脆弱人群。本研究结果为制定相关的卫生政策提供了一定的科学依据, 但国内外关于温湿指数与交通伤发生风险的研究还很少, 将来应进一步开展相关研究, 以明确

温湿指数与交通伤发生风险的关系。

参考文献

- [1] Vos T, Barber R M, Bell B, et al. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 301 acute and chronic diseases and injuries in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 [J]. *Lancet* 2015, 386(9995): 743–800.
- [2] Gao J, Chen X, Woodward A, et al. The association between meteorological factors and road traffic injuries: a case analysis from Shantou city, China [J]. *Sci Rep* 2016, 6: 37300.
- [3] Theofilatos A, Yannis G. A review of the effect of traffic and weather characteristics on road safety [J]. *Accid Anal Prev*, 2014, 72: 244–56.
- [4] 杨超, 段蕾蕾, 汪媛等. 2006–2013年全国伤害监测系统中非机动车到路交通伤害病例分布趋势及现状特征分析[J]. *中华流行病学杂志*, 2015, 36(3): 259–64.
- [5] Khamutian R, Najafi F, Soltanian M, et al. The association between air pollution and weather conditions with increase in the number of admissions of asthmatic patients in emergency wards: a case study in Kermanshah [J]. *Med J Islam Repub Iran* 2015, 29: 229.
- [6] 张衡, 赵科伙, 何睿欣等. 温湿指数对合肥市细菌性痢疾影响的时间序列研究[J]. *中华流行病学杂志* 2017, 38(11): 1523–7.
- [7] Pan R, Gao J, Wang X, et al. Impacts of exposure to humidex on the risk of childhood asthma hospitalizations in Hefei, China: Effect modification by gender and age [J]. *Sci Total Environ*, 2019, 691: 296–305.
- [8] Bergel-Hayat R, Debbarh M, Antoniou C, et al. Explaining the road accident risk: weather effects [J]. *Accid Anal Prev* 2013, 60: 456–65.
- [9] Lin L W, Lin H Y, Hsu C Y, et al. Effect of weather and time on trauma events determined using emergency medical service registry data [J]. *Injury* 2015, 46(9): 1814–20.
- [10] Ganveer G B, Tiwari R R. Injury pattern among non-fatal road traffic accident cases: a cross-sectional study in Central India [J]. *Indian J Med Sci* 2005, 59(1): 9–12.
- [11] Bahadorimonfared A, Soori H, Mehrabi Y, et al. Trends of fatal road traffic injuries in Iran (2004–2011) [J]. *PLoS One* 2013, 8(5): e65198.
- [12] 蔡南乔, 张徐军, 凌洁. 中国非机动车和行人交通事故伤害流行病学分析[J]. *中华流行病学杂志* 2008, 29(5): 518–9.
- [13] 常杰. 道路交通弱势群体中非机动车驾乘人员的保护研究[J]. *中国市场* 2009(23): 108–10.
- [14] 冀翠华, 王丽萍, 王式功等. 北京市创伤发病特征及其与气象条件的关系分析[J]. *兰州大学学报(自然科学版)* 2015, 51(1): 98–102.
- [15] World Health Organization. World report on road traffic injury prevention [R]. Geneva: WHO 2004.

Influence of humidex on traffic injury in Maanshan from 2007 to 2017: a time – series study

Zhang Yun, Liang Mingming, Shi Tingting, et al

(Dept of Epidemiology and Health Statistics, School of Public Health, Anhui Medical University, Hefei 230032)

Abstract **Objective** To investigate the effect of humidex on traffic injury. **Methods** A Poisson generalized linear regression combined with distributed lag non-linear model was applied to analyze the relationship between humidex and the incidence of traffic injury. Stratified analysis was carried out according to gender and age. **Results** The relationship between traffic injury and humidex is nonlinear. The risk effect increased first and then decreased with the increase of humidity, but the overall risk effect was statistically significant. The adverse effect of humidex (25 percentile of humidex) was the largest on the day of exposure (P_{25} : $RR = 1.102$ (1.010 ~ 1.201)), and ended in 5-days lag. Subgroup analysis indicated that male and the population who aged $>14 - <65$ were affected by humidex at lag 0–5 days. **Conclusion** Humidex can significantly increase the risk of traffic injury, and has the lagged effects.

Key words traffic injury; humidex; distributed lag nonlinear model