

李玉敏,梁晓平,张玉玲,2025.呼和浩特市气象因素对内蒙古自治区妇幼保健院哮喘儿童的影响[J].气象,51(6):756-762. Li Y M, Liang X P, Zhang Y L, 2025. The influence of meteorological elements in Hohhot on asthmatic children in the Maternity and Child Health Care Hospital of Inner Mongolia Autonomous Region[J]. Meteor Mon, 51(6):756-762(in Chinese).

# 呼和浩特市气象因素对内蒙古自治区 妇幼保健院哮喘儿童的影响<sup>\*</sup>

李玉敏<sup>1</sup> 梁晓平<sup>2</sup> 张玉玲<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 内蒙古医科大学, 呼和浩特 010110

<sup>2</sup> 内蒙古自治区妇幼保健院, 呼和浩特 010020

**提 要:** 利用2020—2022年内蒙古自治区妇幼保健院3~14岁门诊、急诊哮喘患儿就诊量以及同期气象资料,采用分布式滞后非线性模型(DLNM)分析呼和浩特市气象因素对内蒙古自治区妇幼保健院哮喘儿童门诊、急诊就诊量的影响。结果表明:2020—2022年月平均哮喘儿童就诊量为36.17人次,3年哮喘儿童就诊量约存在三个峰值时段,分别为12月至次年1月、5—6月、8—9月。皮尔逊相关性分析发现,月平均哮喘儿童就诊量与气温、降水量均呈正相关。DLNM显示降水量对哮喘儿童就诊量增加有危险效应,在滞后阶数为1时达到最大。即随气温升高、降水量增加,哮喘儿童就诊人数上升;降水量对哮喘儿童就诊量存在滞后危险。

**关键词:** 哮喘,气象因素,儿童,滞后性

**中图分类号:** R562, R188

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2024.102401

## The Influence of Meteorological Elements in Hohhot on Asthmatic Children in the Maternity and Child Health Care Hospital of Inner Mongolia Autonomous Region

LI Yumin<sup>1</sup> LIANG Xiaoping<sup>2</sup> ZHANG Yuling<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010110

<sup>2</sup> Maternity and Child Health Care Hospital of Inner Mongolia Autonomous Region, Hohhot 010020

**Abstract:** The data of asthmatic children in the Maternity and Child Health Care Hospital of Inner Mongolia Autonomous Region and meteorological elements from 2020 to 2022 and the distributed lag nonlinear model (DLNM) are used to explore the influence of meteorological elements on outpatient and emergency visits of asthmatic children in Hohhot during 2020—2022. The results show that the average monthly number of visits of asthmatic children in the Maternity and Child Health Care Hospital of Inner Mongolia Autonomous Region was 36.17 from 2020 to 2022, and the visits of children with asthma in three years occurred roughly in three peak periods, from December to next January, May to June and August to September, respectively. The Pearson relation analysis reveals that the number of monthly visits of asthmatic children to the hospital was positively associated with temperature and precipitation. The DLNM shows a hazard effect of precipitation on increased clinic visits of asthmatic children, reaching a maximum at the lag order 1, that is, the number of asthmatic children in outpatient and emergency department increases with the increased temperature and precipitation. Precipitation has the risk of lagging outpatient and emergency visits for children with asthma.

<sup>\*</sup> 内蒙古自治区自然科学基金项目(2019MS08109)资助

2024年5月29日收稿; 2024年12月3日收修定稿

第一作者:李玉敏,主要从事儿科学研究. E-mail:809366295@qq.com

通讯作者:张玉玲,主要从事儿科重症学、儿科呼吸系统研究. E-mail:zyllkkgg\_2003@163.com

**Key words:** asthma, meteorological element, children, lag

## 引言

世界经济与工业化进程的不断加速使更多学者将人类诸多疾病的发生归因于气象条件的不稳定变化。有研究明确表示,气象因素对人体健康的影响效应存在一定的滞后性,除在暴露时有影响外,还会在后续一段时间内继续发挥作用而影响人体健康(张静等,2021)。气温、湿度等与呼吸系统疾病的就诊量密切相关,对疾病的发生风险也有滞后影响(徐梦颖等,2023;Schramm et al, 2021)。温度和降水等会影响患者在气象因素改变后身体活动的数量和强度,即存在滞后效应(Josa-Culleré et al, 2024)。也有专家指出,在未来,当代儿童及其后代更容易受到气象因素变化和相关极端事件风险的影响(周伯铨和翟盘茂,2023)。支气管哮喘作为一种呼吸系统常见的慢性气道炎症疾病,好发于儿童(Dziarzhynskaya et al, 2022)。我国进行过三次14岁以下儿童哮喘发病率统计,结果显示,1990年为1.09%,2000年为1.97%,2010年为3.02%(全国儿科哮喘协作组和中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所,2013),发病率明显升高。哮喘的病因复杂,是在多种因素混杂影响下发生的,其中包括遗传因素和环境因素,近二十年全球哮喘患病率的不断上升,表明单纯的遗传因素和遗传变异难以解释这一趋势。因此环境因素与哮喘发生的关系可能更为密切。针对这一问题,国外学者通过评估发现部分气象条件(包括气温、相对湿度、气压、风向等)与哮喘儿童就诊量存在着一定的联系(da Silva et al, 2019);2023年华北平原特大城市哮喘与气象研究结果指出,春季和秋季较高的温度可能会通过增加花粉水平而引发哮喘(Ding et al, 2023);而风速可增加0~5岁的哮喘儿童患者的住院风险(Wang and Deng, 2022);随着气压升高,其对医院哮喘就诊量的累积效应增加(Zhang et al, 2020)。针对生活在巴西半干旱地区即低相对湿度环境中哮喘青少年展开的一项特殊研究发现,在低湿度环境中哮喘患病率较低(Correia et al, 2017);2022年国外学者通过时间序列研究分析发现,降水会导致哮喘的发作(Park et al, 2022);最新研究也表明湿度和降水对哮喘有综合影响(Gu et al, 2024)。本研究通过探讨呼和浩特市气象因素与内蒙古自治区妇幼保健院哮喘儿童就诊量之间的关系,找出影响当地儿童哮喘发作或加重的主要气

象影响因子,可根据研究结果提前采取措施,减少哮喘儿童的发病或减轻发作症状,构建一个适宜哮喘患儿居住的生活环境。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料

#### 1.1.1 哮喘儿童

纳入标准:儿童哮喘的诊断标准符合2016年中华医学会儿科学分会呼吸组制定的《儿童支气管哮喘规范化诊治建议》(2020年版)(中华儿科杂志编辑委员会等,2020)。

排除标准:

(1)排除门诊、急诊0~2岁的哮喘儿童。关于呼和浩特市生命早期(包括出生后2岁以内)危险因素暴露与儿童哮喘的相关性已有研究。

(2)排除心源性哮喘、支气管异物等可造成喘息的其他疾病。

(3)排除由运动、药物和食物过敏等诱发的哮喘。

哮喘儿童资料来源:2020年1月至2022年12月在内蒙古自治区妇幼保健院儿科门诊、急诊因哮喘就诊的3~14岁儿童(长期生活在呼和浩特市四城区)。资料包括就诊患儿的年龄、性别、就诊时间、家庭住址、诊断和症状等信息。

#### 1.1.2 气象资料

同期的逐月气象资料来源于中国气象局气象大数据平台(<https://mirror-earth.com/platform>),要素包括月平均气温、气压、相对湿度、风速和降水量。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 描述性分析

对2020—2022年内蒙古自治区妇幼保健院就诊的哮喘儿童进行性别、年龄分组描述,包括病例数、占比等。对同期气象资料用平均值等来描述基本特征,气象数据资料符合正态分布。

#### 1.2.2 相关性分析

利用皮尔逊(Pearson)相关性分析每月各种气象因素与该月哮喘儿童就诊量的相关性,用相关系数( $r$ )表示变量之间的相关程度。 $r>0$ ,表示变量之间存在正相关; $r<0$ ,表示存在负相关; $r$ 的绝对值越接近1,表示相关性越强。

### 1.2.3 模型构建

根据研究目的,针对就诊量与气象因素的关联性,构建分布式滞后非线性模型(DLNM),DLNM考虑了时间序列和气象因素之间的非线性关系,且能够捕捉滞后效应(张翠,2022)。采用广义相加模型作为基础框架(樊琳等,2019),每月就诊人数作为因变量,气象因素作为自变量,考虑时间的滞后效应,使用 DLNM 对时间序列进行灵活建模,捕捉时间序列的非线性变化,考虑气象因素的滞后效应和非线性关系,使用 DLNM 对气象因素进行建模,探究气象因素对就诊人数的滞后影响。

根据实际问题 and 研究背景,初步确定可能的滞后阶数范围是关键。滞后阶数通常在时间序列分析中使用,表示当前序列值与先前数据的差异,即正在研究的现象与以前时间点相比的延迟情况。在本研究中,明确考虑滞后效应,因此选择从 1 开始的滞后阶数。利用不同滞后阶数的 DLNM 对数据进行拟合,尝试不同的滞后阶数组合,生成多个模型,通过滞后效应图进行比较。基于研究结果,选用 1~4 阶的滞后阶数。选取的滞后阶数单位为月,有助于消除数据的季节性或周期性影响,使数据更平稳,有利于建立稳健的模型。

综合分析,通过 DLNM 建模方法,考虑滞后效应和非线性关系,可以更全面地探究当地气象因素对每月就诊人数的滞后影响,为研究提供具有统计意义和实用性的有效模型。

### 1.2.4 相对危险度

相对危险度(RR)用来定量评价自变量对疾病发病效应的影响。 $RR > 1$ ,表明随着暴露值的增加,发病危险增加; $RR < 1$ 则表示随着暴露值的增加,发病危险降低。95%置信区间(CI)表示总体均值有 95%的可能性落在该区间。计算哮喘儿童每月就诊量的 RR 和 95% CI。 $p$  值是用来判定假设检验结果的一个参数,其值越小,表明结果越显著。 $p < 0.05$ ,表示研究结果在统计学上具有显著性,有统计学意义。

## 2 结果分析

### 2.1 哮喘儿童就诊特征

2020 年 1 月 1 日至 2022 年 12 月 31 日内蒙古自治区妇幼保健院共纳入哮喘儿童病例数 1302 例,月均就诊量为 36.17 人次;男女比约为 1.44 : 1,男童哮喘人数高于女童;从年龄分层来看,3~6 岁组

与 7~14 岁组人数比约为 2.23 : 1,即 3~6 岁是儿童哮喘的好发年龄(表 1)。

表 1 2020—2022 年内蒙古自治区妇幼保健院 3~14 岁哮喘儿童的分布特征

Table 1 Distribution characteristics of asthmatic children aged 3—14 years old in the Maternity and Child Health Care Hospital of Inner Mongolia Autonomous Region from 2020 to 2022

年龄/岁	男/人次	女/人次	合计/人次
3~6	518	381	899
7~14	250	153	403
总计	768	534	1302

内蒙古自治区妇幼保健院就诊的哮喘儿童数量大体上有三个峰值时段:12 月至次年 1 月、5—6 月、8—9 月(图 1)。12 月至次年 1 月的峰值时段是由冷效应引起的;5—6 月的峰值时段可能是由春季木本植物花粉(包括柳絮、杨絮等)造成的;而 8—9 月的峰值时段可能是由夏秋高温时段的沙蒿等草本植物花粉造成的。

### 2.2 呼和浩特市气象因素一般情况

呼和浩特市城区 2020—2022 年月平均气温的平均值为 7.431℃,气压的平均值为 667.422 hPa,相对湿度的平均值为 49.306%,风速、最大风速和最大阵风的波动较小,风速变化较稳定,月平均降水量的平均值为 54.931 mm(表 2)。总体来看,月平均气温和降水量的波动较大,气压、相对湿度、风速等的波动相对较小。



图 1 2020—2022 年逐年和 3 年平均的内蒙古自治区妇幼保健院逐月哮喘儿童门诊、急诊就诊人数

Fig. 1 Monthly outpatient and emergency department visits of asthmatic children in the Maternity and Child Health Care Hospital of Inner Mongolia Autonomous Region averaged by month and three years from 2020 to 2022

2.3 气象因素与每月门诊、急诊哮喘儿童就诊人数的相关性分析

相关性计算结果表明,每月就诊人数与气温( $r=0.503$ )、降水( $r=0.461$ )呈正相关;气温与降水呈正相关( $r=0.653$ );相对湿度与风速呈负相关( $r=-0.864$ ),与降水呈正相关( $r=0.489$ )(表 3)。

2.4 滞后效应分析

气温对就诊人数的滞后影响如表 4 所示,滞后阶数为 1 和 2 时,95% CI 下限均小于 1,此时 RR 无意义;滞后阶数为 3 和 4 时,95% CI 上、下限差值巨大,亦无意义。

表 2 2020—2022 年呼和浩特市城区月平均气象要素统计量

Table 2 Average monthly urban meteorological elements in Hohhot from 2020 to 2022

气象要素	最小值	最大值	平均值	标准差	中位数
平均气温/℃	-12.500	23.100	7.431	11.987	8.150
最低气温/℃	-29.000	12.800	-6.689	13.133	-6.900
最高气温/℃	-1.400	36.000	21.936	11.380	25.550
气压/hPa	659.100	675.200	667.422	4.407	668.500
最小气压/hPa	653.100	668.500	659.756	4.363	660.150
最大气压/hPa	663.400	684.500	674.053	5.232	674.400
相对湿度/%	20.000	69.000	49.306	11.474	49.500
最小相对湿度/%	3.000	28.000	14.111	6.873	14.000
风速/(m·s <sup>-1</sup> )	2.300	4.600	3.186	0.602	3.050
最大风速/(m·s <sup>-1</sup> )	7.000	18.000	11.611	2.346	11.500
降水量/mm	0.000	292.000	54.931	80.033	18.500

表 3 2020—2022 年每月内蒙古自治区妇幼保健院门诊、急诊哮喘儿童就诊人数与气象因素皮尔逊相关分析

Table 3 The Pearson correlation between monthly outpatient and emergency visits of asthmatic children in the Maternity and Child Health Care Hospital of Inner Mongolia Autonomous Region and meteorological elements from 2020 to 2022

	每月就诊人数	气温	气压	相对湿度	风速	降水
每月就诊人数	1					
气温	0.503 ***	1				
气压	-0.130	-0.347 **	1			
相对湿度	0.191	-0.059	0.051	1		
风速	-0.195	0.109	-0.309 *	-0.864 ***	1	
降水	0.461 ***	0.653 ***	-0.489 ***	0.489 ***	-0.327 *	1

注:“\*”: $p<0.1$ ,”\*\*”: $p<0.05$ ,”\*\*\*”: $p<0.01$ 。

表 4 2020—2022 年气温对内蒙古自治区妇幼保健院哮喘儿童在不同滞后阶数下的 RR 及 95% CI

Table 4 The RR and 95% CI of temperature on asthmatic children in the Maternity and Child Health Care Hospital of Inner Mongolia Autonomous Region under different lag orders from 2020 to 2022

滞后阶数	气温		
	RR	95% CI 下限	95% CI 上限
1	1.750	0.677	4.526
2	3.366	0.710	15.946
3	7.117	1.078	46.986
4	16.543	2.026	135.082

降水量对就诊人数滞后影响如表 5 所示,随着滞后阶数增加,RR 整体呈增加趋势,且当滞后阶数

为 1 时,95% CI 波动范围最小,因此,最强滞后阶数为 1。

表 5 2020—2022 年降水对内蒙古自治区妇幼保健院哮喘  
儿童在不同滞后阶数下的 RR 及 95% CI

Table 5 The RR and 95% CI of precipitation on asthmatic children in the Maternity  
and Child Health Care Hospital of Inner Mongolia Autonomous Region  
under different lag orders from 2020 to 2022

滞后阶数	降水量		
	RR	95% CI 下限	95% CI 上限
1	1.932	1.613	2.313
2	2.942	2.190	3.954
3	3.533	2.474	5.045
4	3.345	2.276	4.915

### 3 结论与讨论

#### 3.1 气象因素

##### 3.1.1 气 温

在传统印象中,气温与多数呼吸系统疾病的发生似乎呈现一种负相关性,其中包括哮喘的发生。但是具体到个体情况时,结果似乎不尽相同。在本研究中,整个 3~14 岁年龄段的哮喘门诊、急诊就诊量与气温( $r=0.503, p<0.01$ )呈正相关。呼和浩特市城区在 2020—2022 年气温波动较大,最低气温为  $-29^{\circ}\text{C}$ ,月平均最高气温为  $36^{\circ}\text{C}$ ,气温变化直接加剧支气管哮喘的恶化或导致花粉季节延长,花粉的数量和效力增加(D'Amato et al,2020)。花粉和真菌孢子等致敏原极易诱发哮喘急性发作,是促使哮喘发生并恶化的重要因子(Shrestha et al,2021),花粉症在近年来已被广泛关注。呼和浩特市花粉浓度分布的时间特征是:高发期出现在 7 月末到 9 月中末,高峰期出现在 8 月末到 9 月初,该时间段的气温也较高。蒿属、禾本科及蔷薇科是呼和浩特市秋季花粉的主要空气致敏原,而且这些种属的浓度在秋季明显高于其他季节(徐海侠等,2020;邓卓怡,2021)。通过对比严重哮喘及轻症哮喘患儿的肺泡灌洗液,发现严重组患儿肺内囊虫属丰富度高于轻症组,提示真菌定植可增加哮喘病情(Goldman et al,2018)。通过研究气象因素对空气中花粉的影响,发现气温升高与花粉浓度升高有关。呼和浩特市儿童花粉症患病率明显高于其他地区,这就可以解释为什么在该地区气温升高,哮喘儿童门诊、急诊就诊量增加且影响时间较长。针对这一点,提醒哮喘患儿家长,需提前了解当地天气预报及空气花粉浓度适当做出预防措施。其实,早在 2022 年一项针

对山东潍坊地区儿童季节性哮喘发作与气温、湿度的相关性研究中,就发现气温升高,哮喘急性发作患儿例数呈增加趋势,二者存在显著正相关性( $r=0.673, p<0.01$ )(赵慧敏等,2022),与本文研究结果一致。

##### 3.1.2 降水量

针对在呼和浩特市所研究的 3~14 岁年龄段的哮喘儿童研究结果显示,随降水量增加,门诊、急诊就诊量也增加( $r=0.461, p<0.01$ )。降水量是哮喘儿童就诊量增加的危险因素,最强滞后阶数为 1( $RR=1.932, 95\% \text{ CI}: 1.613\sim 2.313$ )。关于降水和哮喘加重的风险研究发现,与无降水日相比,强降水日儿童哮喘恶化率可高达 11%(95% CI: 1.02~1.21),表明强降水可能导致哮喘恶化(Schinasi et al,2020)。相关研究有类似结论,如纽约的一项病例交叉报告也明确提出降水量会增加哮喘的发病风险(Rai et al,2023)。还有研究指出,暴雨诱发哮喘的机制是促进花粉粒破裂导致过敏性气道炎症(Simunovic et al,2023)。已知花粉和霉菌是受气候变化影响的环境过敏原,而降水量的增加会对随后的花粉/真菌孢子产生积极影响(Paudel et al,2021)。这可能是因为降水量增加,空气湿度增加,而在对一种肌动蛋白抑制作用的研究中发现,高湿度环境中,花粉会分裂加快、膨胀等,促进花粉过早萌芽(Miao et al,2021)。同样的实验室研究也发现,暴露在高湿度环境中的哮喘小鼠会表现出较高的气道高反应性、重塑和炎症表现,且实验小鼠的代谢途径存在明显的失调,致使已有哮喘症状加重(Wang and Deng,2022)。

#### 3.2 结 论

本研究中呼和浩特市气温、降水量与内蒙古自治区妇幼保健院门诊、急诊哮喘儿童就诊量密切相

关,随气温升高、降水量增加,门诊、急诊哮喘儿童就诊人数上升;降水量对哮喘儿童门诊、急诊就诊量存在滞后危险,最强滞后阶数为1。

## 4 不足与展望

本研究存在一定的局限性,首先,气象因素为中央气象台公布的月平均值,与个体实际暴露的环境之间可能存在差异;其次,本研究所选取的数据均以月为单位,精细度不高;再之,构建的滞后模型为单因素模型,未考虑变量间共线性及协同作用;而且本研究时间仅为3年,病例数少,研究结果可能存在误差;最后,因疫情原因,儿童的户外暴露减少,未收集到呼和浩特市其他多家医院的哮喘患儿病例数,所以单一区域的研究结果无法精准推广到其他地区,不能完全代表总体。

本研究所选取的滞后阶数为1月,且最强滞后阶数为1,所以下一步滞后阶数可以选择以日为单位,以保证更高的精确度。因此,下一步将继续完善模型,将更多的气象因素代入模型,并考虑变量间的共线性及协同作用,进一步深入研究气象因素对儿童健康的影响。

## 参考文献

- 邓卓怡,2021. 呼和浩特城区花粉及气象因素与变应性鼻炎就诊情况的相关性研究[D]. 呼和浩特:内蒙古医科大学. Deng Z Y, 2021. Study on the correlation between pollen and meteorological factors and allergic rhinitis visits in the urban area of Hohhot [J]. Hohhot: Inner Mongolia Medical University (in Chinese).
- 樊琳,顾清,曾强,2019. 广义相加模型在大气污染流行病学研究中的应用进展[J]. 环境与职业医学,36(7):676-681. Fan L, Gu Q, Zeng Q, 2019. Progress in the application of generalized additive model in epidemiologic studies on air pollution [J]. J Environ Occup Med, 36(7):676-681 (in Chinese).
- 全国儿科哮喘协作组,中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所,2013. 第三次中国城市儿童哮喘流行病学调查[J]. 中国儿科杂志,51(10):729-735. The National Pediatric Asthma Collaborative Group, National Institute of Environmental Health, China CDC, 2013. Third nationwide survey of childhood asthma in urban areas of China [J]. Chin J Pediatr, 51(10):729-735 (in Chinese).
- 徐海侠,崔晓波,刘佳荣,等,2020. 内蒙古呼和浩特城区气传致敏花粉流行情况调查[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报,34(2):106-109. Xu H X, Cui X B, Liu J R, et al, 2020. Study of airborne allergenic pollen in the urban district of Hohhot City [J]. J Otolaryngol Ophthalmol Shandong Univ, 34(2):106-109 (in Chinese).
- 徐梦颖,骆善彩,谢真珍,等,2023. 气象因素对淮安市呼吸系统疾病日门诊量的影响[J]. 江苏预防医学,34(2):156-159. Xu M Y, Luo S C, Xie Z Z, et al, 2023. Effect of meteorological factors on daily outpatient visits due to respiratory diseases in Huai'an City [J]. Jiangsu J Prev Med, 34(2):156-159 (in Chinese).
- 张翠,2022. 基于DLNM的空气污染与住院量及门急诊量关系研究[D]. 长沙:中南大学. Zhang C, 2022. Study on the relationship between air pollution and daily new hospital admissions, daily outpatient and emergency visits based on distributed lag non-linear model [D]. Changsha: Central South University (in Chinese).
- 张静,石春蕊,廖蓓,等,2021. 基于分布滞后非线性模型分析气温对兰州市荨麻疹门诊人次的影响[J]. 中国医学科学院学报,43(5):727-735. Zhang J, Shi C R, Liao B, et al, 2021. Effects of temperature on outpatient visits for urticaria among Lanzhou residents based on distributed lag non-linear model [J]. Acta Acad Med Sin, 43(5):727-735 (in Chinese).
- 赵慧敏,张思琪,王晓丽,等,2022. 潍坊地区儿童哮喘季节性发作与温度、湿度的相关性分析[J]. 潍坊医学院学报,44(1):78-80. Zhao H M, Zhang S Q, Wang X L, et al, 2022. Correlation between seasonal attack of pediatric asthma and temperature, humidity in Weifang Area [J]. Acta Acad Med Weifang, 44(1):78-80 (in Chinese).
- 周佰铨,翟盘茂,2023. 未来的极端天气气候与水文事件预估及其应对[J]. 气象,49(3):257-266. Zhou B Q, Zhai P M, 2023. The future projections of extreme weather, climate and water events and strategic responses [J]. Meteor Mon, 49(3):257-266 (in Chinese).
- 中华儿科杂志编辑委员会,中华医学会儿科学分会呼吸学组,中国医师协会儿科医师分会儿童呼吸专业委员会,2020. 儿童支气管哮喘规范化诊治建议(2020年版)[J]. 中华儿科杂志,58(9):708-717. The Editorial Board, Chinese Journal of Pediatric, The Subspecialty Group of Respiratory Diseases, The Society of Pediatrics, Chinese Medical Association, The Children's Respiratory Professional Committee, The Society of Pediatrics of Chinese Medical Doctor Association, 2020. Recommendations for diagnosis and management of bronchial asthma in children (2020) [J]. Chin J Pediatr, 58(9):708-717 (in Chinese).
- Correia Junior M A, Sarinho E S, Rizzo J A, et al, 2017. Lower prevalence and greater severity of asthma in hot and dry climate [J]. J Pediatr, 93(2):148-155.
- D'Amato G, Chong-Neto H J, Monge Ortega O P, et al, 2020. The effects of climate change on respiratory allergy and asthma induced by pollen and mold allergens [J]. Allergy, 75(9):2219-2228.
- da Silva I R, Nedel A S, Marques J Q R, et al, 2019. Excess of children's outpatient consultations due to asthma and bronchitis and the association between meteorological variables in Canoas City, Southern Brazil [J]. Int J Biometeorol, 63(11):1517-1524.
- Ding J, Han S Q, Wang X J, et al, 2023. Impact of air pollution changes and meteorology on asthma outpatient visits in a megacity in

- North China Plain[J]. *Heliyon*, 9(11):e21803.
- Dziarzhynskaya N, Hindziuk A, Hindziuk L, et al, 2022. Airborne chemical pollution and children's asthma incidence rate in Minsk [J]. *J Prev Med Hyg*, 62(4):E871-E878.
- Goldman D L, Chen Z G, Shankar V, et al, 2018. Lower airway microbiota and mycobiota in children with severe asthma[J]. *J Allergy Clin Immunol*, 141(2):808-811.
- Gu W, Xie D, Li Q, et al, 2024. Association of humidity and precipitation with asthma; a systematic review and meta-analysis[J]. *Front Allergy*, 5:1483430.
- Josa-Culleré A, Basagaña X, Koch S, et al, 2024. Short-term effects of air pollution and weather on physical activity in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) [J]. *Environ Res*, 247:118195.
- Miao Y J, Cao J S, Huang L, et al, 2021. FLA14 is required for pollen development and preventing premature pollen germination under high humidity in *Arabidopsis*[J]. *BMC Plant Biol*, 21(1):254.
- Park J H, Lee E, Fechter-Leggett E D, et al, 2022. Associations of emergency department visits for asthma with precipitation and temperature on thunderstorm days; a time-series analysis of data from Louisiana, USA, 2010 — 2012 [J]. *Environ Health Perspect*, 130(8):87003.
- Paudel B, Chu T, Chen M, et al, 2021. Increased duration of pollen and mold exposure are linked to climate change[J]. *Sci Rep*, 11(1):12816.
- Rai A, Adeyeye T, Insaf T, et al, 2023. Assessing the effect of precipitation on asthma emergency department visits in New York State from 2005 to 2014; a case-crossover study[J]. *Geohealth*, 7(9):e2023GH000849.
- Schinasi L H, Kenyon C C, Moore K, et al, 2020. Heavy precipitation and asthma exacerbation risk among children; a case-crossover study using electronic health records linked with geospatial data [J]. *Environ Res*, 188:109714.
- Schramm P J, Brown C L, Saha S, et al, 2021. A systematic review of the effects of temperature and precipitation on pollen concentrations and season timing, and implications for human health[J]. *Int J Biometeorol*, 65(10):1615-1628.
- Shrestha S K, Lambert K A, Erbas B, 2021. Ambient pollen concentrations and asthma hospitalization in children and adolescents; a systematic review and meta-analysis[J]. *J Asthma*, 58(9):1155-1168.
- Simunovic M, Boyle J, Erbas B, et al, 2023. Airborne grass pollen and thunderstorms influence emergency department asthma presentations in a subtropical climate[J]. *Environ Res*, 236:116754.
- Wang M P, Deng R, 2022. Effects of carbon black nanoparticles and high humidity on the lung metabolome in Balb/c mice with established allergic asthma[J]. *Environ Sci Pollut Res*, 29(43):65100-65111.
- Zhang H H, Liu S, Chen Z J, et al, 2020. Effects of variations in meteorological factors on daily hospital visits for asthma; a time-series study[J]. *Environ Res*, 182:109115

(本文责编:张芳)