

南昌地区儿童呼吸道合胞病毒感染的流行特征 及与气候环境因素的相关性

罗序鹏¹ 陈强¹ 李岚¹ 朱晓华¹ 黄鹏¹ 王静²

(1. 江西省儿童医院呼吸内科, 江西南昌 330003; 2. 江西省儿童医院信息科, 江西南昌 330003)

[摘要] **目的** 探讨南昌地区儿童呼吸道合胞病毒 (respiratory syncytial virus, RSV) 感染的流行特征及与气候环境因素的相关性。**方法** 收集2019年1月—2023年12月在江西省儿童医院检测了RSV, 且来自南昌地区的急性呼吸道感染患儿的临床资料, 并收集同期南昌地区气候环境数据。探讨RSV的流行特征及与气候环境因素的相关性。**结果** 2019年1月—2023年12月共178 127例急性呼吸道感染患儿进行了RSV检测, 阳性检出率为8.35% (14 873/178 127)。男性阳性检出率为8.92% (10 137/113 660), 高于女性 (7.35%, 4 736/64 467)。不同年龄组的RSV阳性检出率之间差异有统计学意义 ($P<0.001$), 其中0~<3月龄组的RSV阳性检出率最高 (14.38%, 3 328/23 142)。2019、2020、2022年RSV阳性检出高峰在冬春季节, 2023年在春夏季节, 2021年无季节性。RSV阳性检出率与平均湿度、平均气压、月PM_{2.5}及月一氧化碳均值呈正相关 ($P<0.05$), 与平均风速、平均气温、月臭氧最大8 h值呈负相关 ($P<0.05$)。**结论** 南昌地区急性呼吸道感染儿童RSV阳性检出率男性高于女性; 在各年龄组患儿中, 0~<3月龄婴儿检出率最高; 多为冬春季节性流行; 低气温、低风速及高湿度、高PM_{2.5}浓度、高一氧化碳浓度等可增加儿童RSV感染风险。[中国当代儿科杂志, 2024, 26 (12): 1282-1287]

[关键词] 呼吸道合胞病毒感染; 流行病学; 气候环境; 儿童

Epidemiological characteristics of respiratory syncytial virus infection in children in Nanchang and its correlation with climate environmental factors

LUO Xu-Peng, CHEN Qiang, LI Lan, ZHU Xiao-Hua, HUANG Peng, WANG Jing. Department of Respiratory Medicine, Jiangxi Children's Hospital, Nanchang 330003, China (Chen-Q, Email: jx-cq@163.com)

Abstract: Objective To explore the epidemiological characteristics of respiratory syncytial virus (RSV) infection in children in Nanchang and its correlation with climate environmental factors. **Methods** The clinical data were collected from children with acute respiratory infection in Nanchang who were tested for RSV at Jiangxi Provincial Children's Hospital from January 2019 to December 2023, along with climate environmental data for the same period. The epidemiological characteristics of RSV and their correlation with climate environmental factors were investigated. **Results** A total of 178 127 children underwent RSV testing from January 2019 to December 2023, with a positive detection rate of 8.35% (14 873/178 127). The positive detection rate in males was 8.92% (10 137/113 660), which was higher than that in females (7.35%, 4 736/64 467). The differences in RSV positive detection rates among different age groups were statistically significant ($P<0.001$), with the highest rate observed in the 0 to <3 months age group (14.38%, 3 328/23 142). Peaks in RSV positive detection occurred during winter and spring periods in 2019, 2020, and 2022, while in 2023, it occurred in spring and summer periods, with no seasonality noted in 2021. The RSV positive detection rate showed a positive correlation with average humidity, average atmospheric pressure, monthly PM_{2.5}, and monthly carbon monoxide levels ($P<0.05$), while it showed a negative correlation with average wind speed, average temperature, and maximum 8-hour ozone levels ($P<0.05$). **Conclusions** In Nanchang, the RSV positive detection rate in children with acute respiratory infection is higher in males than in females. Among children of all age groups, the infants aged 0

[收稿日期] 2024-06-28; [接受日期] 2024-11-06

[基金项目] 江西省科技厅临床医学研究中心优化组建项目 (20223BCG74013)。

[作者简介] 罗序鹏, 男, 硕士研究生。

[通信作者] 陈强, 女, 主任医师。Email: jx-cq@163.com。

to <3 months have the highest detection rate of RSV. RSV infection predominantly occurs in winter and spring periods. Lower temperatures, lower wind speeds, higher humidity, and elevated levels of PM_{2.5} and carbon monoxide may increase the risk of RSV infection in children. [Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2024, 26(12): 1282-1287]

Key words: Respiratory syncytial virus infection; Epidemiology; Climate environment; Child

呼吸道病毒感染是儿童时期的常见病，由于呼吸道病毒流行性多变，易混合感染，绝大部分病毒尚无针对的特效药，其问题日益突出。呼吸道合胞病毒（respiratory syncytial virus, RSV）是引起急性下呼吸道感染（acute lower respiratory tract infection, ALRTI）的重要病原体之一^[1]。儿童感染RSV后往往临床表现不典型，易迅速进展为肺炎等下呼吸道感染^[2]。对于早产儿、免疫缺陷病等患儿还容易遗留持续喘息、哮喘或闭塞性细支气管炎等呼吸系统后遗症^[3]。有研究显示，2019年全球共有约3 300万例RSV感染相关ALRTI病例，其中约360万例接受住院治疗，给全世界造成巨大的医疗负担^[4]。目前国内关于儿童RSV感染的临床流行病学特征及与气候环境因素相关性的研究较少，本研究回顾性收集2019—2023年在江西省儿童医院进行了RSV相关检测的急性呼吸道感染患儿的临床资料，并采集同期南昌地区气候环境数据，探讨南昌地区儿童RSV感染的流行特征及与气候环境因素的相关性，旨在为儿童RSV感染的防治和医疗气象提供相关理论依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究选取2019年1月—2023年12月在江西省儿童医院门诊、急诊和住院部进行了RSV相关检测、符合急性呼吸道感染诊断标准^[5]的患儿为研究对象。纳入标准：（1）2019年1月—2023年12月在江西省儿童医院门诊、急诊和住院部进行了RSV检测的急性呼吸道感染的患儿；（2）年龄为0~<18岁；（3）居住地为江西省南昌地区。排除标准：（1）病例资料不全；（2）在1周内再次检出RSV阳性的患儿；（3）若呼吸道和血液两种来源的标本同时阳性，只计算一次。本研究已通过我院伦理委员会同意（JXSETYY-20220189）。

1.2 标本收集和处理

患儿就诊后立即采集呼吸道标本（包括痰、咽拭子、鼻拭子等）和/或血液标本，并送至我院检验科进行检测。检测项目分别为呼吸道病毒抗原全套（流感病毒/副流感病毒/RSV/腺病毒）、呼

吸道病毒核酸六联检（甲流病毒/乙流病毒/副流感Ⅰ型病毒/副流感Ⅲ型病毒/腺病毒/RSV）、RSV核酸检测、RSV IgM抗体测定、RSV抗原测定等。检测方法包括：酶联免疫法、胶体金层析法、PCR荧光探针法。

1.3 资料收集

临床资料收集：通过医院电子病历系统收集患儿的临床资料，包括年龄、性别、居住地、呼吸道标本和/或血液标本的检测结果。

气候资料收集：从中国气象数据网（<http://data.cma.cn/>）收集同时间段南昌地区气候数据，包括月平均气温（℃）、月平均相对湿度（%）、月平均降水量（mm）、月平均气压（百帕）、月平均风速（m/s）。

环境资料收集：从江西省生态环境厅官网（<http://sthjt.jiangxi.gov.cn/>）收集同时间段南昌地区空气质量数据，包括空气质量指数（air quality index, AQI）、月二氧化硫（sulfur dioxide, SO₂）均值（μg/m³）、月二氧化氮（sulfur dioxide, NO₂）均值（μg/m³）、月细颗粒物2.5（particulate matter 2.5, PM_{2.5}）均值（μg/m³）、月细颗粒物10（particulate matter 10, PM₁₀）均值（μg/m³）、月一氧化碳（carbonic oxide, CO）均值（mg/m³）、月臭氧（ozone, O₃）最大8 h值（μg/m³）。

1.4 统计学分析

采用SPSS 26.0统计软件对数据进行统计学分析。计数资料以例数或百分率（%）表示，组间比较采用卡方检验。RSV感染的季节性特征采用集中度法分析，发病高峰日和发病高峰时间段采用圆形分布法分析。气候环境资料相关分析：符合正态分布的计量资料采用Pearson相关分析，不符合正态分布者采用Spearman秩相关分析。各气候环境因素的相互影响、自变量的纳入和剔除采用多元逐步回归分析。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 RSV检出情况及年龄和性别对检出率的影响

2019年1月—2023年12月共有178 127例急性呼吸道感染患儿在江西省儿童医院进行了RSV检

测，其中 14 873 例检测结果为阳性，总体阳性检出率为 8.35%。2019 年患儿阳性检出率为 9.00% (4 270/47 426)；2020 年阳性检出率为 11.03% (2 930/26 555)；2021 年阳性检出率为 8.21% (2 413/29 380)；2022 年阳性检出率为 5.19% (1 569/30 236)；2023 年阳性检出率为 8.29% (3 691/44 530)。

按性别分组：男性患儿阳性检出率为 8.92% (10 137/113 660)；女性患儿阳性检出率为 7.35% (4 736/64 467)。男性 RSV 阳性检出率高于女性，差异具有统计学意义 ($\chi^2=132.889$, $P<0.001$)。

按年龄段分组：0~<1 岁组患儿阳性检出率为 12.67% (7 506/59 256)，其中 0~<3 月龄组为 14.38% (3 328/23 142)，3 月龄~<1 岁组为 11.57% (4 178/36 114)；1~<3 岁组阳性检出率为 8.30% (3 912/47 138)；3~<6 岁组阳性检出率为 6.20% (2 381/38 414)；6~<18 岁组阳性检出率为 3.22%

(1 074/33 319)。不同年龄组的 RSV 阳性检出率之间差异有统计学意义 ($\chi^2=2 499.715$, $P<0.001$)，其中 0~<3 月龄组的 RSV 阳性检出率最高。

2.2 RSV 阳性检出者的季节性分布

集中度法和圆形分布法分析显示，2019 年 RSV 阳性检出者具有较强的季节性 ($0.5<M\leq 0.7$)，发病高峰日为 1 月 29 日，高峰时间段为 12 月中旬至次年 3 月中旬 ($P<0.05$)；2020 年 RSV 阳性检出者具有一定的季节性 ($0.3<M\leq 0.5$)，发病高峰日为 1 月 6 日，高峰时间段为 10 月中旬至次年 3 月下旬 ($P<0.05$)；2021 年 RSV 阳性检出无季节性 ($M\leq 0.3$)；2022 年 RSV 阳性检出具有一定的季节性 ($0.3<M\leq 0.5$)，发病高峰日为 1 月 9 日，高峰时间段为 11 月上旬至次年 3 月下旬 ($P<0.05$)；2023 年 RSV 阳性检出具有一定的季节性 ($0.3<M\leq 0.5$)，发病高峰日为 4 月 27 日，高峰时间段为 2 月中旬至 7 月上旬 ($P<0.05$)。见表 1。

表 1 2019—2023 年 RSV 阳性检出集中度和圆形分布结果

年份	集中度 (M 值)	γ 值	$\bar{\alpha}$ 值	S 值	发病高峰日	发病高峰时间段	Z 值	P 值
2019	0.696	0.700	29.471	48.347	1 月 29 日	12 月 12 日—3 月 19 日	2095.103	<0.05
2020	0.367	0.368	6.205	81.051	1 月 6 日	10 月 15 日—3 月 22 日	400.283	<0.05
2021	0.045	0.045	23.887	142.572	1 月 24 日	9 月 2 日—6 月 17 日	4.935	<0.05
2022	0.450	0.397	9.724	77.897	1 月 9 日	11 月 1 日—3 月 30 日	247.103	<0.05
2023	0.457	0.456	116.034	71.759	4 月 27 日	2 月 13 日—7 月 9 日	768.788	<0.05

2.3 RSV 阳性检出率与气候因素的分布情况

RSV 阳性检出率与平均相对湿度 ($r=0.340$, $P=0.008$)、平均气压 ($r_s=0.335$, $P=0.009$) 呈正相关，与平均风速 ($r_s=-0.303$, $P=0.018$)、平均气温 ($r_s=-0.429$, $P=0.001$) 呈负相关，而与月降水总量 ($r_s=0.519$, $P=0.085$) 无相关性，见表 2。

采用多元回归分析法对各种气候因素之间相互作用对结果的影响进一步分析显示，对 RSV 阳性检出率具有较显著影响的变量为月平均温度 (调整后 $R^2=0.237$, 回归系数=-0.292, $t=-2.894$, $P=0.005$)。

表 2 RSV 阳性检出率与不同气候因素的相关性分析

气候因素	r/r_s 值	P 值
平均相对湿度	0.340	0.008
平均气压	0.335	0.009
平均风速	-0.303	0.018
平均气温	-0.429	0.001
月降水总量	0.519	0.085

2.4 RSV 阳性检出率与环境因素的分布情况

RSV 阳性检出率与月 CO 均值 ($r_s=0.310$, $P=0.016$)、月 PM_{2.5} 均值 ($r_s=0.274$, $P=0.034$) 存在正相关，与月 O₃ 最大 8 h 值 ($r=-0.405$, $P=0.001$) 存在负相关，而与月 SO₂ 均值 ($r_s=-0.085$, $P=0.517$)、月 NO₂ 均值 ($r_s=0.229$, $P=0.078$)、月 PM₁₀ 均值 ($r_s=0.089$, $P=0.497$) 及 AQI 无相关性 ($r_s=-0.011$, $P=0.935$)，见表 3。

表 3 RSV 阳性检出率与不同环境因素的相关性分析

环境因素	r/r_s 值	P 值
月 CO 均值	0.310	0.016
月 PM _{2.5} 均值	0.274	0.034
月 O ₃ 最大 8 h 值	-0.405	0.001
月 SO ₂ 均值	-0.085	0.517
月 NO ₂ 均值	0.229	0.078
月 PM ₁₀ 均值	0.089	0.497
AQI	-0.011	0.935

注：[CO] 一氧化碳；[PM] 细颗粒物；[O₃] 臭氧；[SO₂] 二氧化硫；[NO₂] 二氧化氮；[AQI] 空气质量指数。

多元回归分析法对各种环境因素之间相互作用对结果的影响进一步分析显示,对RSV阳性检出率具有较显著影响的变量为月O₃均值(调整后R²=0.195,回归系数=-0.066, *t*=-2.179, *P*=0.034)。

3 讨论

RSV是造成5岁以下儿童急性下呼吸道感染的重要病原体之一,在世界范围内广泛传播,尤其在发展中国家RSV感染引起的肺炎等呼吸系统疾病相较于发达国家有着更高的发病率和致死率,给当地的医疗卫生系统带来沉重的负担^[6]。

本研究通过收集南昌地区急性呼吸道感染儿童RSV的检出情况,发现男性儿童RSV阳性检出率高于女性。有研究报道性别是RSV感染的影响因素,且男性RSV阳性率高于女性^[7],本研究结果与其一致。另外,本研究对患儿进行年龄分组分析显示,0~3月龄组患儿RSV阳性检出率高于其他年龄组,这与Haeberer等^[8]和Svensson等^[9]的研究显示年龄是儿童感染RSV的独立风险因素,年龄越小,感染RSV的风险越高的结论具有一致性。

国内外研究均显示,RSV流行存在明显的季节性^[10]。在北半球国家,RSV的流行季节主要分布于冬春季节^[11]。Yu等^[12]的研究报道,北京地区RSV流行时间为10月中旬至次年5月中旬。本研究通过分析2019—2023年的RSV阳性检出率发现,2019、2020、2022年存在季节性,发病高峰多集中于10月至次年3月。本研究还发现2021年RSV阳性检出率未表现出季节性,分析其原因可能与2020年南昌地区实施较严格的非药物干预(non-pharmaceutical interventions, NPIs)措施相关。例如佩戴口罩能够减少含病毒气溶胶和飞沫的吸入和传播。有研究表明,呼吸道感染儿童佩戴口罩相较于未佩戴口罩者,可降低50%以上的呼吸道病毒传播^[13];而保持社交距离能够让飞沫和气溶胶充分沉降,降低病毒间接接触传播的转移效率,也能够减少握手、拥抱等直接接触传播的风险。此外,人们手卫生、咳嗽礼仪等意识的提高均能够有效减少呼吸道病毒的传播,降低感染风险^[14]。NPIs实施后,病毒在易感人群中的传播受限,暴露减少导致适应性免疫下降,这可能与放开管控后RSV未表现正常的流行病学特征有一定的相关性。湖南地区的相关研究也报道,在前期

NPIs逐渐放松的情况下,恢复一定的人群流动性后,2020年11月—2021年7月出现RSV持续流行小高峰^[15];Koltai等^[16]的研究同样也发现在解除NPIs后英国2021年RSV出现反季节流行的情况。而在逐步恢复常态化生活后,RSV又重新表现为一定的季节性流行,且发病率较前有所上升。澳大利亚及英国的研究发现在解除NPIs后均出现了RSV的反常流行^[17-18];杭州地区的研究显示,在取消NPIs、完全恢复正常生活后,2023年3月后RSV阳性检出率出现上升趋势^[19]。本研究也同样发现在南昌地区2023年RSV阳性检出率发病高峰时间段主要集中于2—7月,尤其4月和5月RSV阳性检出率有明显上升趋势,较2019、2020、2022年的发病高峰时间段有推迟,表现为春夏季节性,这可能与前期RSV暴露减少,人群适应性免疫普遍下降,造成“免疫债”相关^[20]。

气候被认为是RSV季节性流行的驱动因素,不同地区RSV流行的季节性有不同,其温度、湿度等气候因素是重要的影响因素^[21]。美国多地的相关研究表明北部地区RSV的季节性明显,而在西部温度高、降水量少的地区RSV的季节性减弱,且越靠近赤道热带地区这种现象越明显,在热带气候的国家比如墨西哥,则全年均可检出RSV^[22-23]。我国幅员辽阔,气候多样复杂,北京和温州等地的研究也显示RSV具有明显的季节性^[12, 24],而广州地区的研究则发现RSV的季节趋势不明显,还有夏季RSV小高峰存在^[25]。本研究通过分析南昌地区的RSV阳性率与气候因素的相关性发现,风速、温度、湿度和气压与RSV阳性检出率存在一定相关性,其中温度对RSV阳性检出率有较显著的影响,在冬春季节,低温和低湿度能够使RSV在气溶胶中更加稳定,易于传播。

本研究对南昌地区空气环境和RSV阳性检出率做相关性分析显示,RSV阳性检出率与月CO、PM_{2.5}浓度呈正相关,与月O₃最大8h值呈负相关。空气环境对RSV依靠呼吸道传播的方式有着重要的影响,主要表现为两点:其一,大气污染物如CO、PM_{2.5}等可引起呼吸道黏膜充血水肿并产生分泌物,削弱其对各种病原体的清除作用,特别是在儿童鼻黏膜脆弱、呼吸道上皮纤毛发育尚不成熟等情况下,对儿童非特异性免疫屏障的损害作用更为明显,导致感染呼吸道疾病的概率增加。有研究表明,长期暴露于PM_{2.5}的环境下,会通过激活AMPK途径导致呼吸道黏膜上皮细胞自噬而死

亡,从而破坏呼吸道黏膜的完整性^[26-27]。其二,部分空气污染物能够直接与空气中的病毒发生反应,大气中的O₃是一种强氧化物,可通过氧化反应破坏病毒、细菌等病原体的遗传物质和酶类,抑制其复制过程^[28]。另外,大气中的O₃能够吸收阳光中的紫外线转换为热能,创造不利于RSV病毒传播的温度条件。

综上所述,本研究分析近5年南昌地区儿童RSV感染的流行特点及与气候环境因素的相关性显示,对于急性呼吸道感染患儿,年龄越小越需注意RSV感染的可能;RSV在南昌地区呈现冬春季节性流行,主要集中于10月至次年3月;低气温、低风速、高湿度、高PM_{2.5}浓度及高CO浓度均可在一定程度上增加RSV感染率。因此,在RSV流行期间,对于小年龄急性呼吸道感染患儿,医务人员应增强对RSV感染的早期识别与诊疗意识;对于普通人群,则可建议其密切关注天气信息,在高发季节和存在高风险气候环境条件的时段,尽量避免不必要的室外活动,同时提高个人防范意识,采取有效防护措施,以降低RSV感染的风险。

本研究系回顾性研究,研究对象为2019—2023年在江西省儿童医院就诊患儿,虽然我院收治的是来自南昌不同区域的患儿,且样本量较大,但仍可能存在部分数据的偏差和遗漏。且本研究只针对南昌地区的患儿进行单中心分析,若进一步行多中心大样本的相关研究,其结果可能更具有代表性。

作者贡献声明:罗序鹏负责数据收集分析整理、论文撰写;陈强负责课题设计和指导、论文审阅与修订;李岚、朱晓华、黄鹏负责研究实施;王静负责数据采集。

利益冲突声明:所有作者均声明无利益冲突。

[参 考 文 献]

- [1] Global Burden of Disease Child and Adolescent Health Collaboration; Kassebaum N, Kyu HH, et al. Child and adolescent health from 1990 to 2015: findings from the Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors 2015 Study[J]. *JAMA Pediatr*, 2017, 171(6): 573-592. PMID: 28384795. PMCID: PMC5540012. DOI: 10.1001/jamapediatrics.2017.0250.
- [2] 国家呼吸系统疾病临床医学研究中心,中华医学会儿科学分会呼吸学组,中国医师协会呼吸医师分会儿科呼吸工作委员会,等. 儿童呼吸道合胞病毒感染诊断、治疗和预防专家共识[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2020, 35(4): 241-250. DOI: 10.3760/cma.j.cn101070-20200225-00243.
- [3] Shi T, Balsells E, Wastnedge E, et al. Risk factors for respiratory syncytial virus associated with acute lower respiratory infection in children under five years: systematic review and meta-analysis[J]. *J Glob Health*, 2015, 5(2): 020416. PMID: 26682048. PMCID: PMC4676580. DOI: 10.7189/jogh.05.020416.
- [4] Li Y, Wang X, Blau DM, et al. Global, regional, and national disease burden estimates of acute lower respiratory infections due to respiratory syncytial virus in children younger than 5 years in 2019: a systematic analysis[J]. *Lancet*, 2022, 399(10340): 2047-2064. PMID: 35598608. PMCID: PMC7613574. DOI: 10.1016/S0140-6736(22)00478-0.
- [5] 王天有,申昆玲,沈颖. 诸福棠实用儿科学[M]. 9版. 北京: 人民卫生出版社, 2022.
- [6] Bénét T, Sánchez Picot V, Messaoudi M, et al. Microorganisms associated with pneumonia in children <5 years of age in developing and emerging countries: the GABRIEL pneumonia multicenter, prospective, case-control study[J]. *Clin Infect Dis*, 2017, 65(4): 604-612. PMID: 28605562. PMCID: PMC7108107. DOI: 10.1093/cid/cix378.
- [7] 任少龙,邵雪君,石婷,等. 苏州市5岁以下儿童呼吸道合胞病毒感染的临床特征和影响因素[J]. *中华疾病控制杂志*, 2021, 25(11): 1336-1340, 1364. DOI: 10.16462/j.cnki.zhjbkz.2021.11.018.
- [8] Haeberer M, Bruyndonckx R, Polkowska-Kramek A, et al. Estimated respiratory syncytial virus-related hospitalizations and deaths among children and adults in Spain, 2016-2019[J]. *Infect Dis Ther*, 2024, 13(3): 463-480. PMID: 38319540. PMCID: PMC10965866. DOI: 10.1007/s40121-024-00920-7.
- [9] Svensson C, Berg K, Sigurs N, et al. Incidence, risk factors and hospital burden in children under five years of age hospitalised with respiratory syncytial virus infections[J]. *Acta Paediatr*, 2015, 104(9): 922-926. PMID: 26036725. DOI: 10.1111/apa.13061.
- [10] Staaedegaard L, Caini S, Wangchuk S, et al. Defining the seasonality of respiratory syncytial virus around the world: national and subnational surveillance data from 12 countries[J]. *Influenza Other Respir Viruses*, 2021, 15(6): 732-741. PMID: 34255934. PMCID: PMC8542954. DOI: 10.1111/irv.12885.
- [11] Broberg EK, Waris M, Johansen K, et al. Seasonality and geographical spread of respiratory syncytial virus epidemics in 15 European countries, 2010 to 2016[J]. *Euro Surveill*, 2018, 23(5): 17-00284. PMID: 29409569. PMCID: PMC5801642. DOI: 10.2807/1560-7917.ES.2018.23.5.17-00284.
- [12] Yu J, Liu C, Xiao Y, et al. Respiratory syncytial virus seasonality, Beijing, China, 2007-2015[J]. *Emerg Infect Dis*, 2019, 25(6): 1127-1135. PMID: 31107230. PMCID: PMC6537707. DOI: 10.3201/eid2506.180532.
- [13] Ueki H, Furusawa Y, Iwatsuki-Horimoto K, et al. Effectiveness of face masks in preventing airborne transmission of SARS-CoV-2[J]. *mSphere*, 2020, 5(5): e00637-20. PMID: 33087517.

- PMCID: PMC7580955. DOI: 10.1128/mSphere.00637-20.
- [14] 中国医药教育协会儿科专业委员会, 中华医学会儿科学分会呼吸学组哮喘协作组, 中国医师协会呼吸医师分会儿科呼吸工作委员会, 等. 儿童呼吸道病毒感染的非药物干预专家共识[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2023, 38(6): 413-420. DOI: 10.3760/cma.j.cn101070-20230424-00327.
- [15] 安雨灵, 钟礼立, 彭力, 等. 新冠疫情防控前后湖南省某综合三甲医院住院儿童呼吸道合胞病毒感染的流行病学特征[J]. 实用预防医学, 2024, 31(1): 9-12. DOI: 10.3969/j.issn.1006-3110.2024.01.003.
- [16] Koltai M, Krauer F, Hodgson D, et al. Determinants of RSV epidemiology following suppression through pandemic contact restrictions[J]. *Epidemics*, 2022, 40: 100614. PMID: 35901639. PMCID: PMC9301974. DOI: 10.1016/j.epidem.2022.100614.
- [17] Eden JS, Sikazwe C, Xie R, et al. Off-season RSV epidemics in Australia after easing of COVID-19 restrictions[J]. *Nat Commun*, 2022, 13(1): 2884. PMID: 35610217. PMCID: PMC9130497. DOI: 10.1038/s41467-022-30485-3.
- [18] Bardsley M, Morbey RA, Hughes HE, et al. Epidemiology of respiratory syncytial virus in children younger than 5 years in England during the COVID-19 pandemic, measured by laboratory, clinical, and syndromic surveillance: a retrospective observational study[J]. *Lancet Infect Dis*, 2023, 23(1): 56-66. PMID: 36063828. PMCID: PMC9762748. DOI: 10.1016/S1473-3099(22)00525-4.
- [19] 黄晓文, 庞珍珍, 周斐斐, 等. 2018—2023 年杭州市儿童呼吸道合胞病毒感染流行特征[J]. 中华医院感染学杂志, 2024, 34(6): 907-911. DOI: 10.11816/cn.ni.2024-231073.
- [20] 国家儿童健康与疾病医学研究中心, 中华医学会儿科学分会感染学组, 上海市医学会感染病分会, 等. 儿童呼吸道合胞病毒感染临床诊治中国专家共识 (2023 年版) [J]. 临床儿科杂志, 2024, 42(1): 1-14. DOI: 10.12372/jcp.2024.23e1129.
- [21] Li Y, Reeves RM, Wang X, et al. Global patterns in monthly activity of influenza virus, respiratory syncytial virus, parainfluenza virus, and metapneumovirus: a systematic analysis[J]. *Lancet Glob Health*, 2019, 7(8): e1031-e1045. PMID: 31303294. DOI: 10.1016/S2214-109X(19)30264-5.
- [22] Suryadevara M, Domachowske JB. Epidemiology and seasonality of childhood respiratory syncytial virus infections in the tropics[J]. *Viruses*, 2021, 13(4): 696. PMID: 33923823. PMCID: PMC8074094. DOI: 10.3390/v13040696.
- [23] Midgley CM, Haynes AK, Baumgardner JL, et al. Determining the seasonality of respiratory syncytial virus in the United States: the impact of increased molecular testing[J]. *J Infect Dis*, 2017, 216(3): 345-355. PMID: 28859428. PMCID: PMC5712458. DOI: 10.1093/infdis/jix275.
- [24] Zhang H, Wen S, Zheng J, et al. Meteorological factors affecting respiratory syncytial virus infection: a time-series analysis[J]. *Pediatr Pulmonol*, 2020, 55(3): 713-718. PMID: 31909893. DOI: 10.1002/ppul.24629.
- [25] Liu WK, Chen DH, Tan WP, et al. Paramyxoviruses respiratory syncytial virus, parainfluenza virus, and human metapneumovirus infection in pediatric hospitalized patients and climate correlation in a subtropical region of southern China: a 7-year survey[J]. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*, 2019, 38(12): 2355-2364. PMID: 31489496. PMCID: PMC6858468. DOI: 10.1007/s10096-019-03693-x.
- [26] Wang Y, Lin Z, Huang H, et al. AMPK is required for PM_{2.5}-induced autophagy in human lung epithelial A549 cells[J]. *Int J Clin Exp Med*, 2015, 8(1): 58-72. PMID: 25784975. PMCID: PMC4358430.
- [27] Ren F, Xu X, Xu J, et al. Compound essential oils relieve oxidative stress caused by PM_{2.5} exposure by inhibiting autophagy through the AMPK/mTOR pathway[J]. *Environ Toxicol*, 2021, 36(9): 1765-1774. PMID: 34037319. DOI: 10.1002/tox.23297.
- [28] 苏裕心, 肖松生, 陈述声, 等. 臭氧在食品卫生中的应用现状及展望[J]. 中国消毒学杂志, 2023, 40(5): 376-379. DOI: 10.11726/j.issn.1001-7658.2023.05.016.
- (本文编辑: 邓芳明)
- (版权所有©2024 中国当代儿科杂志)