

## ·综述·

我国流行性腮腺炎流行特征及预测模型研究进展<sup>▲</sup>林素琴<sup>1</sup> 秦小玲<sup>2</sup>

1 广西隆安县疾病预防控制中心,隆安县 532799;

2 广西中医药大学公共卫生与管理学院,南宁市 530200

**【摘要】** 流行性腮腺炎是一种常见的急性传染病,主要通过飞沫传播。该病在世界范围内广泛流行,我国作为流行性腮腺炎的高发地区之一,其发病率整体相对平稳,且季节性明显。近年来,由于多种因素影响,流行性腮腺炎在多个国家出现爆发性复苏的现象。因此,流行性腮腺炎仍然是我国乃至全球关注的重点传染病之一,而掌握流行性腮腺炎的流行特征、影响因素,运用多种数学模型进行监测和预警,对流行性腮腺炎的预防和控制具有重要意义。

**【关键词】** 流行性腮腺炎;流行特征;影响因素;预测模型;综述

**【中图分类号】** R 512.1 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1673-7768(2024)02-0179-05

流行性腮腺炎是由腮腺炎病毒引起的急性呼吸道传染病,临床上主要表现为单侧或者双侧腮腺肿胀、疼痛和发热等症状,病情严重者会出现多种并发症,累及其他的组织和器官,如脑炎、胰腺炎、卵巢炎等<sup>[1]</sup>。近年来,国外流行性腮腺炎出现死灰复燃的迹象,疫苗接种率高的国家也不例外,且其暴发不仅仅发生在儿童中,年龄分布越来越多地向成年阶段发展<sup>[2-5]</sup>。在我国,2012年之后流行性腮腺炎的发病情况基本保持稳定,但2018~2019年,我国亦出现流行性腮腺炎流行高峰<sup>[6-7]</sup>。这表明,流行性腮腺炎仍然是全球高度关注的公共卫生问题。本文就我国流行性腮腺炎的流行病学特征、影响因素和预测模型等方面的研究进展进行综述,为流行性腮腺炎防控策略的制定提供参考依据。

## 1 流行性腮腺炎的流行病学特征

**1.1 地区分布特征** 流行性腮腺炎的流行呈全球化趋势,是长期以来困扰人类的高传染性疾病。在我国,流行性腮腺炎被纳入丙类传染病进行管理,传染性很强,一直处于高发状态。我国大陆地区2004~2018年流行性腮腺炎的年均发病率为21.26/10万,发病率最高的地区主要分布在西北和中部地区<sup>[6]</sup>。西北地区以宁夏为例,该地2006~2018年流行性腮腺炎年均发病率为54.1/10万,远高于全国水平<sup>[8]</sup>。此外,广西地区2011~2019年报告的流行性腮腺炎病例共146 132例,年均发病率为34.23/10万<sup>[9]</sup>。处于

我国中部地区的武汉市2005~2018年的流行性腮腺炎发病率仍处于较高水平(年均发病率为25.90/10万)<sup>[10]</sup>。而陆祖添等<sup>[11]</sup>的研究显示,北京、上海、天津等地区2004~2018年流行性腮腺炎的年均发病率均低于全国平均水平,且呈下降趋势。Wen等<sup>[12]</sup>的研究发现,2014~2018年北京、上海、天津等经济发达地区流行性腮腺炎的发病率无明显变化,控制在较低水平。总的来说,我国流行性腮腺炎的发病率仍处于较高水平,总体稳定。由于经济条件、地理环境、文化差异、医疗保障和疫苗接种等不同,国内不同地区流行性腮腺炎的发病率存在差异。

**1.2 时间分布特征** 在接种疫苗之前,全球流行性腮腺炎的年均发病率为100~1 000/10万人,在温带气候国家每2~5年可能出现一次流行高峰,大多数感染发生在冬季和春季,而在热带地区没有观察到明显季节性<sup>[13]</sup>。疫苗接种开始后,流行性腮腺炎的发病率显著下降<sup>[14]</sup>。我国幅员辽阔,纬度跨越广,大部分地区属于温带,少部分地区处于热带,流行性腮腺炎在我国的流行亦具有季节性高发的特征,但也存在区域差异,各个省市报道的高发季节并不完全一致。

**1.2.1 长期趋势** 2004~2018年间我国流行性腮腺炎的发病趋势总体上大致分为急剧上升(2004~2012年期间)和基本平稳(2012~2018年期间),发病高峰为2012年(69.99/10万人)<sup>[6,11]</sup>。而纳入2021年的流行性腮腺炎发病数据后,我国流行性腮腺炎发病出现两个高峰(2011~2012年,2017~2019年)<sup>[7]</sup>。任艳等<sup>[15]</sup>对山东省2005~2021年流行性腮腺炎的发病特征进行分析,发现其流行趋势与全国总体趋势

▲基金项目:广西中医药大学公共卫生与管理学院校园足球、体育比赛、艺术展演、学校卫生及国防教育专项经费(05022005)  
通信作者:秦小玲

相近,呈现先涨后降的趋势。而Azimaqin等<sup>[16]</sup>利用2005年1月至2019年5月江苏省疾病预防控制中心报告的数据绘制了流行性腮腺炎的流行曲线,将其流行历史分为无疫苗阶段(2005~2008年)、有效控制阶段(2009~2014年)和复发阶段(2015年至2019年5月),并发现无疫苗阶段呈现每年周期性暴发流行的特点,在有效控制阶段流行性腮腺炎的发病率得到有效控制,而复发阶段则每年观察到3~4个较小的周期性暴发高峰。这些研究提示,我国流行性腮腺炎的发病趋势并不典型,随着时间推移可能出现新的变化,此外,不同省市流行性腮腺炎流行的长期趋势各有特点,与全国的趋势不尽相同。

**1.2.2 季节分布特征** 我国流行性腮腺炎全年各个月份均有病例报告,呈明显的季节性特征,大部分地区呈现双高峰分布,冬春季为主,少数地区出现单高峰,最常见为夏季。如2004~2018年重庆市流行性腮腺炎流行趋势在不同年份出现季节性相似的特征,包括一个大高峰(4~7月)和一个小高峰(11月至次年1月)<sup>[17]</sup>。闫明宇等<sup>[18]</sup>分析2005~2019年哈尔滨市流行性腮腺炎流行特征发现,该病具有明显季节性,发病高峰为每年5~6月和12月至次年1月。江苏省的研究也显示出相似的双峰季节性分布特点<sup>[19]</sup>。而北京、天津等地区发病呈单峰分布,发病高峰为每年的4~8月<sup>[20-21]</sup>。我国流行性腮腺炎特征性的季节分布可能与夏季人口流动性较大、冬季脆弱性高,以及某些气候因素(如相对温度、相对湿度、风速气压等)有关<sup>[22]</sup>。总体上,流行性腮腺炎的发病符合呼吸道传染病季节性流行的特点,但出现季节性特征减弱的现象,在制定或实施流行性腮腺炎防控干预措施时,应充分考虑季节和气象因素。

### 1.3 人群分布特征

**1.3.1 年龄分布** 自2004年以来,我国流行性腮腺炎的发病依旧以15岁以下的儿童为主,尤其是5~9岁年龄段人群发病率最高。但近几年来,我国部分地区已经出现该病发病高峰向较大年龄组转移的现象。如2012年北京地区15~19岁人群流行性腮腺炎发病率较2005年增高了132.73%,其他年龄段人群的发病率则下降或保持平稳<sup>[23]</sup>。Li等<sup>[24]</sup>的研究发现,2005~2008年福建省将麻疹-腮腺炎-风疹联合疫苗(measles-mumps-rubella vaccine, MMR)纳入扩大免疫计划之前,每年5~8岁儿童中流行性腮腺炎发病率最高,在引入MMR后,观察到两个发病高峰(4~6岁和9~15岁),而且发病高峰逐渐转向高年龄组。甚至有研究发现,2014年以来50岁以上的老年人流

行性腮腺炎分布比例也有所上升<sup>[19]</sup>。这一年龄分布的变化趋势提示,疫苗时代流行性腮腺炎年龄分布特征可能与大年龄人群对流行性腮腺炎的免疫力相关。因此,防控重点人群不仅要包括15岁以下的儿童,大年龄组的人群也值得密切关注。

**1.3.2 性别分布** 我国流行性腮腺炎男性发病率普遍高于女性,男女发病比约为1.67:1<sup>[25]</sup>。各省市也呈现出一致的性别分布特征,但由于地区差异,男女发病比例稍有波动。例如济宁市2014~2021年流行性腮腺炎男性年均发病率(12.72/10万)高于女性(7.2/10万)<sup>[26]</sup>。2015~2018年间吉林省流行性腮腺炎男性每年发病率均高于女性<sup>[27]</sup>。陈健等<sup>[28]</sup>分析了广州市2004~2018年流行性腮腺炎的流行特征,亦得到相同结果。

## 2 流行性腮腺炎的影响因素

**2.1 免疫接种** 2008年,我国政府将腮腺炎疫苗纳入扩大国家免疫规划中,18~24月龄儿童可免费接种1剂MMR<sup>[29]</sup>。从2020年6月起,我国在全国范围内开展2剂MMR接种计划,第一次接种于8月龄,第二次接种于18~24月龄<sup>[30]</sup>。目前,研究者已经从多个方面对腮腺炎疫苗的应用效果进行评价。首先,疫情描述性分析方面,如方荣等<sup>[31]</sup>分析2008~2010年我国流行性腮腺炎的流行病学特征,发现年均报告发病率前三位的省市,均为MMR接种率较低的地区,一定程度上反映接种含腮腺炎病毒成分的疫苗(mumps-containing vaccine, MuVC)对疫情的控制作用。第二,疫苗的保护效果方面,有研究者<sup>[32]</sup>对江西省一起流行性腮腺炎暴发疫情的含腮腺炎成分疫苗的保护效果进行评估,发现接种1剂次含腮腺炎疫苗后,3年以内、3~5.5年、5年以上保护率分别为100%、64%、24%。第三,疫苗免疫学效果方面,李保军等<sup>[33]</sup>对比2016年和2022年宁波市海曙区0~4岁儿童血清腮腺炎免疫球蛋白(immune globulin, Ig)G抗体水平,发现与2016年相比,免疫程序调整后(2022年)海曙区0~4岁儿童流行性腮腺炎抗体阳性率和平均抗体滴度均明显提高。另外,庞红等<sup>[34]</sup>的一项研究发现,12~19岁人群流行性腮腺炎IgG抗体阳性率与疫苗接种剂次数有关,接种3剂MuCV的人群IgG抗体阳性率高于接种2剂MuCV的,高于接种≤1剂疫苗的。以上证据表明,MMR对预防流行性腮腺炎的发生是有效的,但其保护作用可能随时间的推移而减弱,不能完全遏制流行性腮腺炎的流行和暴发,应考虑加强对易感人群腮腺炎疫苗的加种。

2.2 气象因素 气象条件作为呼吸道传染病的重要影响因素之一,不仅可能影响人体免疫力,特殊的气象条件还可能为环境中的病原体和媒介提供有利的繁殖和传播条件<sup>[35]</sup>。流行性腮腺炎是重要的呼吸道传染病,近年来,已有研究报告其受气温、气压、湿度及风速等气象因素的影响。广州市一项流行性腮腺炎与气象因子关联性研究发现,高温、高湿、大风和低气压均能增大广州市流行性腮腺炎的发病风险<sup>[36]</sup>。刘天等<sup>[37]</sup>的研究发现,日均气温、日相对湿度对流行性腮腺炎发病的影响呈非线性关系,低气温高湿度可能增加荆州市流行性腮腺炎的发病风险。

2.3 人口因素 易感人群的流行性、密集性是流行性腮腺炎发生的另一重要影响因素,可能导致流行性腮腺炎的暴发流行。学生、幼托儿童是我国流行性腮腺炎发病的主要群体,根据我国2010~2012年的流行性腮腺炎相关研究报告,学生、幼托儿童流行性腮腺炎发病数在总病例数中的占比分别为55.42%~58.68%、17.37%~21.42%<sup>[38]</sup>。陈妮娜等<sup>[39]</sup>采用多因素 Logistic 回归分析发现,流动儿童和在校儿童是小儿流行性腮腺炎暴发的独立危险因素。一项北京市石景山区关于流行性腮腺炎的研究发现,流行性腮腺炎的发病人群以学生、托幼儿童和散居儿童为主,占全部病例的87.97%,是防控重点人群<sup>[40]</sup>。总之,流动儿童群体的流动性较强,可能成为流行性腮腺炎的防控工作难点;而在校儿童群体具有高度聚集的特点,可能为流行性腮腺炎的局部暴发创造有利条件。

2.4 其他因素 流行性腮腺炎的发病与传播受多种因素的综合影响,除了上述免疫接种、气象因素、人口因素以外,还可能受到地理因素、疾病监测、政府政策等影响。四川省的一项研究表明流行性腮腺炎发病率与海拔正相关<sup>[41]</sup>。有研究认为,疾病监测系统的敏感度低、政府相关防控政策落实不到位、疫情确诊上报不及时等均可能造成流行性腮腺炎疫情的传播与蔓延<sup>[42]</sup>。

### 3 流行性腮腺炎的预测模型

利用数学模型来分析、预测流行性腮腺炎的流行规律或趋势,能为流行性腮腺炎的防治起到至关重要的作用,是帮助制定具有针对性措施的有效手段。至今为止,研究者采用多种方法构建流行性腮腺炎的预测模型,包括时间序列模型、神经网络模型、混合模型等。

#### 3.1 时间序列模型——ARIMA 模型及其扩展模

型 差分整合自回归移动平均(autoregressive integrated moving average, ARIMA)模型是最常见的时间序列模型之一,已经被广泛用于传染病发病研究领域,是基于时间维度来探索疾病发展规律的方法<sup>[43]</sup>。研究表明 ARIMA 模型在流行性腮腺炎的预测中具有较高的可行性,如晁灵等利用 ARIMA 模型较好地预测焦作市流行性腮腺炎的发病情况<sup>[44]</sup>;吴琳琳等<sup>[45]</sup>和张昭<sup>[46]</sup>建立乘积季节时间序列(seasonal autoregressive integrated moving average, SARIMA)模型较好地拟合流行性腮腺炎发病的时间序列趋势。ARIMAX 模型是在 ARIMA 模型的基础上加入解释自变量,其预测误差均低于 ARIMA 模型<sup>[47]</sup>。

3.2 神经网络模型 神经网络可以模拟人脑的神经处理能力,量化不同因素之间的任何非线性关系,它是一个庞大的家族体系,包括 MLP 神经网络、BP 神经网络、RBF 神经网络、Elman 神经网络等多种模型<sup>[48]</sup>。随着神经网络在传染病研究领域的广泛应用,其对流行性腮腺炎的趋势分析和预测效果更受关注。周其宏等<sup>[49]</sup>的研究表明,运用 BP 神经网络模型进行仿真预测皖南山区流行性腮腺炎的发病率,与实际发病率能很好地吻合。研究发现,Elman 神经网络对湖南省流行性腮腺炎发病率的预测效果明显优于 BP 神经网络<sup>[50]</sup>。

3.3 混合模型 随着研究的不断深入,研究者对数理模型的预测效果要求越来越高,为了提高模拟效果,研究者常联合两种及以上的模型使用。有研究发现,SARIMA-广义回归神经网络(generalized regression neural network, GRNN)模型预测我国流行性腮腺炎发病率的效果均优于单纯的 SARIMA 模型<sup>[51-52]</sup>。曹磊等<sup>[53]</sup>采用 ARIMA 模型、ARIMA-多层感知器神经网络模型、ARIMA-径向基函数神经网络模型对陕西省2009~2014年流行性腮腺炎月发病数进行拟合,最终发现 ARIMA-径向基函数神经网络模型对该省流行性腮腺炎月发病数的预测效果最佳,可以为流行性腮腺炎发病的预测、预警提供理论依据。另外,有研究比较几种混合模型预测我国流行性腮腺炎的效果,发现指数平滑-GRNN 组合模型为最优模型,拟合及预测效果最好,用于预测全国流行性腮腺炎发病率精度高;SARIMA-GRNN 组合模型次之;SARIMA 模型拟合和预测效果一般<sup>[54]</sup>。

综上,我国作为流行性腮腺炎的高发地区之一,其发病率整体相对平稳,且季节性明显。我国国家免疫规划 MMR 对预防流行性腮腺炎的发生是有效的,但其保护作用可能随时间的推移而减弱,不能完

全遏制流行性腮腺炎的流行和暴发,应考虑加强对易感人群腮腺炎疫苗的加种。数学模型在预测流行性腮腺炎的研究中被广泛运用,并且取得了一定的成果。利用数学模型预测流行性腮腺炎的发病规律与趋势能达到早期预警的目的,为防控工作带来了极大的便利。受多种因素的影响不同模型可能获得不同的结果,我们应该考虑单纯预测模型、混合模型各自的局限,结合各省市的特点选择符合当地实际的模型。

### 参 考 文 献

- [1] Hviid A, Rubin S, Mühlemann K. Mumps[J]. *Lancet*, 2008, 371(9616): 932-944.
- [2] Takagi A, Ohfuji S, Nakano T, et al. Incidence of mumps deafness in Japan, 2005-2017: analysis of Japanese insurance claims database[J]. *J Epidemiol*, 2022, 32(1): 21-26.
- [3] Marlow MA, Marin M, Moore K, et al. CDC guidance for use of a third dose of MMR vaccine during mumps outbreaks[J]. *J Public Health Manag Pract*, 2020, 26(2): 109-115.
- [4] Veneti L, Borgen K, Borge KS, et al. Large outbreak of mumps virus genotype G among vaccinated students in Norway, 2015 to 2016[J]. *Euro Surveill*, 2018, 23(38): 1700642.
- [5] Perez Duque M, San-Bento A, Léon L, et al. Mumps outbreak among fully vaccinated school-age children and young adults, Portugal 2019/2020[J]. *Epidemiol Infect*, 2021, 149: e205.
- [6] Fu XF, Ge MJ, Xu WC, et al. Epidemiological features and sociodemographic factors associated with mumps in mainland China from 2004 to 2018[J]. *J Med Virol*, 2022, 94(10): 4850-4859.
- [7] 李平,王富珍,杨宏,等.中国2004-2021年流行性腮腺炎流行病学特征和时空聚集性[J]. *中国疫苗和免疫*, 2023,29(1):19-24.
- [8] 马岳,龚瑞,孙伟,等.2006-2018年宁夏流行性腮腺炎流行特征分析[J]. *宁夏医科大学学报*,2020,42(8):814-818.
- [9] 陈加贵,杜进发,杨仁聪,等.2011-2019年广西流行性腮腺炎流行病学特征分析[J]. *公共卫生与预防医学*, 2020,31(6):42-45.
- [10] 彭颖,汪鹏,赵球平,等.2005-2018年武汉市流行性腮腺炎流行特征分析及疫情预测[J]. *职业与健康*,2020, 36(21):2962-2965.
- [11] 陆祖添,苏永健,李嘉铃,等.2004-2018年我国流行性腮腺炎发病及死亡情况[J]. *广西医学*,2022,44(17): 2017-2025.
- [12] Wen L, Yang DL, Li YN, et al. Spatial effect of ecological environmental factors on mumps in China during 2014-2018[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(23): 15429.
- [13] Lam E, Rosen JB, Zucker JR. Mumps: an update on outbreaks, vaccine efficacy, and genomic diversity[J]. *Clin Microbiol Rev*, 2020, 33(2): e00151-e00119.
- [14] Anderson RM, Crombie JA, Grenfell BT. The epidemiology of mumps in the UK: a preliminary study of virus transmission, herd immunity and the potential impact of immunization[J]. *Epidemiol Infect*, 1987, 99(1): 65-84.
- [15] 任艳,张晶晶,刘永鹏,等.2005-2021年山东省流行性腮腺炎发病的流行特征分析[J]. *山东大学学报(医学版)*,2023,61(1):106-112.
- [16] Azimaqin N, Peng ZH, Ren XZ, et al. Vaccine failure, seasonality and demographic changes associate with mumps outbreaks in Jiangsu Province, China: age-structured mathematical modelling study[J]. *J Theor Biol*, 2022, 544: 111125.
- [17] 朱花.重庆市流行性腮腺炎时空分布与预测模型研究[D].重庆:重庆医科大学,2021.
- [18] 闫明宇,刘木子,姜立坤,等.2005-2019年哈尔滨市流行性腮腺炎流行特征及免疫策略探讨[J]. *中国初级卫生保健*,2022,36(8):85-87.
- [19] Li MM, Liu YX, Yan T, et al. Epidemiological characteristics of mumps from 2004 to 2020 in Jiangsu, China: a flexible spatial and spatiotemporal analysis[J]. *Epidemiol Infect*, 2022, 150: 1-26.
- [20] 石立莉.2009-2014年北京市平谷区流行性腮腺炎流行病学分析[J]. *医学动物防制*,2015,31(7):765-767.
- [21] 郝肖阳.2006-2011年天津市宝坻区流行性腮腺炎流行特征[J]. *职业与健康*,2013,29(7):764,897.
- [22] Li RZ, Lin HL, Liang YM, et al. The short-term association between meteorological factors and mumps in Jining, China[J]. *Sci Total Environ*, 2016, 568: 1069-1075.
- [23] Ma R, Lu L, Zhou T, et al. Mumps disease in Beijing in the era of two-dose vaccination policy, 2005-2016[J]. *Vaccine*, 2018, 36(19): 2589-2595.
- [24] Li D, Zhang HR, You N, et al. Mumps serological surveillance following 10 years of a one-dose mumps-containing-vaccine policy in Fujian Province, China[J]. *Hum Vaccin Immunother*, 2022, 18(6): 2096375.
- [25] 朱佳佳.中国流行性腮腺炎时空分布及时间序列模型研究[D].长沙:湖南师范大学,2019.
- [26] 解翠华.济宁市2014-2021年流行性腮腺炎流行病学特征分析[J]. *中国农村卫生*,2023,15(2):62-65.

- [27] 杨明轩. 2015–2018年吉林省流行性腮腺炎的流行特征和时空聚集性研究[D]. 长春: 吉林大学, 2020.
- [28] 陈健, 许建雄, 张春焕, 等. 2004–2018年广州市流行性腮腺炎流行特征分析[J]. 华南预防医学, 2020, 46(6): 653–656.
- [29] 卫生部关于印发《扩大国家免疫规划实施方案》的通知[J]. 中华人民共和国卫生部公报, 2008(3): 17–21.
- [30] 国家卫生健康委, 财政部, 工业和信息化部, 等. 关于国家免疫规划脊髓灰质炎疫苗和含麻疹成分疫苗免疫程序调整相关工作的通知[J]. 中华人民共和国国家卫生健康委员会公报, 2019(12): 25–26.
- [31] 费方荣, 冯录召, 许真, 等. 2008–2010年中国流行性腮腺炎流行病学特征分析[J]. 疾病监测, 2011, 26(9): 691–693.
- [32] 马飞飞, 程慧健, 来学惠, 等. 一起学校流行性腮腺炎暴发疫情及疫苗保护效果[J]. 中国学校卫生, 2017, 38(1): 137–139.
- [33] 李保军, 徐利华, 童思未, 等. 海曙区0~4岁儿童血清腮腺炎IgG抗体水平调查[J]. 预防医学, 2023, 35(5): 415–417.
- [34] 庞红, 施玮, 刘小祥, 等. 上海市长宁区MMR疫苗强化免疫对流行性腮腺炎抗体水平的影响[J]. 上海预防医学, 2021, 33(12): 1131–1135.
- [35] 葛淼, 杨文婕, 等. 上海市呼吸道传染病的气象影响因素及发病预测[C]//中国环境科学学会2022年科学技术年会论文集(三). 南昌, 2022: 179–187.
- [36] 杨琼英. 广州市流行性腮腺炎流行病学特征及与气象因子关联性研究[D]. 广州: 南方医科大学, 2015.
- [37] 刘天, 姚梦雷, 梅芳盛, 等. 2010–2017年荆州市日均气温和日相对湿度与流腮发病关联性研究[J]. 公共卫生与预防医学, 2019, 30(6): 21–25.
- [38] 胡咏梅, 郝利新, 王华庆. 中国2010–2012年流行性腮腺炎流行病学特征分析[J]. 中国疫苗和免疫, 2014, 20(2): 127–131.
- [39] 陈妮娜, 牛迪, 陈玲, 等. 小儿流行性腮腺炎发病特点及暴发的危险因素分析[J]. 医学动物防制, 2021, 37(7): 643–646.
- [40] 秦伟, 杨娜, 李艳辉, 等. 2007–2019年北京市石景山区流行性腮腺炎流行病学特征分析[J]. 首都公共卫生, 2022, 16(3): 173–179.
- [41] 金晓辉, 马千里. 四川省流行性腮腺炎流行病学特征及地理因素相关分析[J]. 中国误诊学杂志, 2018, 13(7): 296–299.
- [42] 于湘熹. 我国流行性腮腺炎流行病学特征及其防控策略分析[J]. 现代预防医学, 2015, 42(15): 2689–2691.
- [43] Kane MJ, Price N, Scotch M, et al. Comparison of ARIMA and Random Forest time series models for prediction of avian influenza H5N1 outbreaks[J]. BMC Bioinform, 2014, 15(1): 1–9.
- [44] 晁灵, 冯晖, 桂立辉. 2009–2013年焦作市流行性腮腺炎流行特征分析及ARIMA预测[J]. 现代预防医学, 2015, 42(6): 966–969.
- [45] 吴琳琳, 孙晓冬, 胡家瑜, 等. 上海市流行性腮腺炎疫情时间序列模型建立的初探[J]. 上海预防医学, 2018, 30(7): 557–561.
- [46] 张昭. 长春市2004–2016年流行性腮腺炎流行特征分析及发病趋势预测[D]. 长春: 吉林大学, 2018.
- [47] Zhang H, Su K, Zhong XN. Association between meteorological factors and mumps and models for prediction in Chongqing, China[J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(11): 6625.
- [48] Wesolowski M, Suchacz B. Artificial neural networks: theoretical background and pharmaceutical applications: a review[J]. J AOAC Int, 2012, 95(3): 652–668.
- [49] 周其宏, 冯晓明, 汪银, 等. 皖南山区流行性腮腺炎发病趋势的智能预测模型[J]. 中华疾病控制杂志, 2010, 14(8): 739–741.
- [50] 黎漓. 湖南省流行性腮腺炎的流行特征及Elman神经网络预测[D]. 衡阳: 南华大学, 2015.
- [51] 刘天, 姚梦雷, 黄继贵, 等. SARIMA-GRNN组合模型和SARIMA模型在流行性腮腺炎发病率预测中的应用[J]. 实用预防医学, 2021, 28(1): 108–112.
- [52] 张雪凝, 施学忠, 赵浩, 等. SARIMA和SARIMA-GRNN模型在流行性腮腺炎发病率预测中的应用对比[J]. 中国卫生统计, 2020, 37(4): 489–492.
- [53] 曹磊, 张义, 刘峰, 等. ARIMA-MLP与ARIMA-RBF模型在流行性腮腺炎发病预测中的应用[J]. 公共卫生与预防医学, 2016, 27(2): 26–30.
- [54] 刘天, 姚梦雷, 黄继贵, 等. 中国流行性腮腺炎发病率模型拟合及预测效果比较[J]. 中国全科医学, 2020, 23(11): 1338–1343.

(收稿日期: 2024-01-16 修回日期: 2024-03-31)

引用本文: 林素琴, 秦小玲. 我国流行性腮腺炎流行特征及预测模型研究进展[J]. 内科, 2024, 19(2): 179–183.  
DOI: 10.16121/j.cnki.cn45-1347/r.2024.02.14