

# 河南省 2005–2020 年 14 岁及以下儿童丙型肝炎疫情趋势及流行预测分析

李洁 李宁 张国龙 赵东阳 刘洋

河南省疾病预防控制中心性病艾滋病防治研究所, 郑州 450016

通信作者: 刘洋, Email: liuyangcdc@126.com

**【摘要】目的** 分析 2005–2020 年河南省 ≤14 岁儿童丙型肝炎(丙肝)疫情的时间序列特征, 并通过有效的模型预测其流行情况。**方法** 资料来源于中国疾病预防控制中心传染病报告信息管理系统 2005–2020 年河南省报告的 ≤14 岁儿童丙肝个案, 季节特征的时间序列分析采用趋势分解法, 以季节指数表示季节趋势的显著程度, 按月变化的长期趋势采用线性回归模型分析, 建立差分自回归移动平均 (ARIMA) 模型进行拟合。**结果** 2005–2020 年河南省共报告儿童丙肝病例 5 355 例, 当年报告病例季节指数的极差值 < 1, 季节特征不明显。以 2012 年为界限, 2005–2011 年当年报告病例数的按月变化长期趋势呈上升趋势 (0.351 例/月), 2012–2020 年呈下降趋势 (–0.474 例/月)。对当年报告病例数和现存儿童病例数 2 个指标分别建模拟合, ARIMA 模型拟合的 2005 年 1 月至 2020 年 12 月的预测值与实际值较一致, 均方根误差、平均绝对误差百分比和平均绝对误差分别为 10.240、10.558、35.566、0.659 和 6.688、7.156。模型对现存儿童病例数的预测值与实际值一致性较好。**结论** 采用时间序列分析有助于了解河南省 ≤14 岁儿童丙肝的流行特征, ARIMA 模型用于河南省儿童丙肝的短期预测和动态分析, 具有较好的应用价值。

**【关键词】** 丙型肝炎; 儿童; 趋势; 预测; 时间序列分析

**基金项目:** 河南省医学科技攻关计划 (2018020520)

## Trend and prediction of hepatitis C cases in children aged 14 years old and younger in Henan province, 2005-2020

Li Jie, Li Ning, Zhang Guolong, Zhao Dongyang, Liu Yang

Institute for Prevention and Control of STD/AIDS, Henan Provincial Center for Disease Control and Prevention, Zhengzhou 450016, China

Corresponding author: Liu Yang, Email: liuyangcdc@126.com

**【Abstract】 Objective** To explore the time series characteristics of hepatitis C cases in children aged ≤14 years old in Henan and predict their epidemic situation with effective model. **Methods** Hepatitis C reported data among children aged ≤14 years old in Henan from 2005 to 2020 were collected from China information system for diseases control and prevention. Descriptive and time series analyses were used to demonstrate characteristics of time trend, decomposition methods were used to show the seasonality by using seasonal indices and the long-term trend by using a linear regression model. An auto-regressive integrated moving average (ARIMA) model was established. **Results** From 2005 to 2020, a total of 5 355 hepatitis C cases in children were reported in Henan, the seasonal index range of the hepatitis C was lower than 1, and no obvious seasonality characteristics was observed. The average of monthly incidence of 2005-2011 showed increase trend (0.351 case/month), and the incidence of 2012-2020 decreased (–0.474 case/

DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20210913-00729

收稿日期 2021-09-13 本文编辑 斗智

引用格式: 李洁, 李宁, 张国龙, 等. 河南省 2005–2020 年 14 岁及以下儿童丙型肝炎疫情趋势及流行预测分析[J]. 中华流行病学杂志, 2022, 43(3): 336–342. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20210913-00729.

Li J, Li N, Zhang GL, et al. Trend and prediction of hepatitis C cases in children aged 14 years old and younger in Henan province, 2005–2020[J]. Chin J Epidemiol, 2022, 43(3): 336–342. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20210913-00729.



month). The predicted reported case number of hepatitis C in children in Henan from January 2005 to December 2020 fitted by ARIMA model was consistent with the actual number, the RMSE of the number of reported cases in the current year and the existing number of children cases was 10.240, 10.558, the MAPE was 35.566, 0.659, and the MAE was 6.688, 7.156, respectively. **Conclusion** Time series analysis on surveillance data is useful for the better understanding of the epidemic situation of hepatitis C in children aged  $\leq 14$  years. ARIMA model can be used in the short-term prediction and dynamic analysis of the incidence of hepatitis C in children in Henan.

**【Key words】** Hepatitis C; Children; Trend; Prediction; Time series analysis

**Fund program:** Henan Medical Science and Technology Program (2018020520)

丙型肝炎(丙肝)因其起病隐匿,症状不明显,具有高度持续性和慢性化倾向<sup>[1]</sup>,严重危害感染者的健康,已经成为严峻的公共卫生和社会问题。近年来全球范围内丙肝的相关研究一直比较热门,对于丙肝的流行趋势和发病预测也较为关注<sup>[2-8]</sup>。我国目前对丙肝的监测分析多集中在成年人、吸毒人群、暗娼人群和外来务工人员<sup>[9-12]</sup>等,对 $\leq 14$ 岁儿童病例关注较少<sup>[13]</sup>。现有资料表明 $\leq 14$ 岁儿童报告病例数和发病率有逐年上升趋势<sup>[14]</sup>,尤其在趋势分析和预测方面,国内资料较少。儿童丙肝病例在全人群中的构成比虽然不高<sup>[15]</sup>,但在排除性传播后,可能的感染途径为母婴传播和血液传播,其流行情况在一定程度上可反映当地医疗卫生工作状况。因此,对儿童丙肝流行状况进行研究,预测流行趋势,为制定丙肝防控策略提供必要的的数据支持具有重要的现实价值和指导意义。时间序列分析以往多用于经济学研究,近年来在传染病的分析中也广泛使用<sup>[16-20]</sup>。本研究采用时间序列分析,对2005-2020年河南省 $\leq 14$ 岁儿童丙肝的报告进行季节性和长期趋势的分析,然后根据两趋势相应的量化指标值探讨长期趋势和季节性显著程度,利用差分自回归移动平均(ARIMA)模型进行建模和预测。

## 资料与方法

1. 资料来源:中国疾病预防控制中心传染病报告信息管理系统,2005年1月1日至2020年12月31日报告已终审的现住址为河南省 $\leq 14$ 岁儿童丙肝个案。剔除“删除个案”和重复个案。

2. 相关定义:当年报告病例数:每个自然年的报告病例数。

现存病例数:以2005年为首年开始累计,某年现存病例数=截至某年累计的报告病例数-截至某年累计的 $\geq 15$ 岁报告病例数-截至某年累计的死亡

病例数。

某年超出儿童年龄病例:首先计算儿童报告病例时所处的年龄段,具体方法为诊断日期(年/月/日)减出生日期(年/月/日)计算出报告病例时准确年龄( $\times$ 岁 $\times$ 月 $\times$ 天),然后以1岁(0~、1~、2~、3~、 $\dots$ 、14~)为一个年龄段将其归入相应年龄段。以后每年该病例顺增进入下一年龄段,直到进入15~岁组即判定为超出儿童年龄,在计算现存儿童病例数时进行删除。如:病例A在2006年报告为丙肝病例,计算病例报告时的年龄为13岁6月2天,即将其归入2006年报告儿童病例的13~岁组。2007年,该病例进入14~岁组,2007年计算现存儿童病例数时该病例仍然计算在内。2008年,该病例进入15~岁组,2008年计算现存儿童病例数时则该病例为超出儿童年龄病例,不再计算在内。

3. 时间序列分析<sup>[21]</sup>:将所有数据按照年/月格式转换为时间序列,对其进行趋势分解和建模预测。

(1)趋势分解:时间序列一般包括季节性因素(S)、随机因素(R)和长期趋势(T)3部分,趋势分解常用于提取某种疾病时间序列中的不同成分<sup>[22-23]</sup>。该方法将疾病的时间序列分解成季节趋势和长期趋势,采用季节指数来表示季节趋势的显著程度。趋势分解的季节性分析常用的模型有乘法模型和加法模型,本研究采用乘法模型对当年报告病例数进行时间序列的季节性分析,计算公式: $X_{ik}=T_i \times S_k$ ,  $X_{ik}$ 表示第*i*年第*k*个月的报告病例数, $T_i$ 表示无季节因素的时间序列, $S_k$ 表示第*k*个月的季节指数, $S_k$ 的计算采用直接平均法<sup>[24]</sup>:

①计算研究期间疾病在各个月份的平均报告病例数:

$$\bar{x}_k = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ik}}{n}, k=1, 2, 3, \dots, m$$

式中*m*表示第*m*个月,*n*表示总年数。

②计算研究期间疾病的平均月报告病例数:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m x_{ik}}{nm}$$

③计算各个月份的季节指数:

$$s_k = \frac{\bar{x}_k}{\bar{x}}, k=1, 2, 3, \dots, m$$

传染病的季节性变化通常是由于温度、湿度、空气、食物以及节假日等因素引起的短期波动。若季节指数 $>1$ ,表示该期间疾病的报告病例数高于平均水平,反之,若季节指数 $<1$ ,则该期间疾病的报告病例数低于平均水平。得到病例报告的季节指数之后,采用乘法模型将各月份的报告病例数除以相应的季节指数,即可得到其中的无季节效应部分。

长期趋势部分通过构建无季节效应序列(报告病例数,因变量)与时间(月份,自变量)之间的线性回归模型进行量化,数学表达式:

$$T_i = \alpha + \beta \times t + \varepsilon, \text{其中 } T_i = X_{ik}/S_k$$

(2)预测模型的建立:采用ARIMA模型建模和预测。ARIMA模型是由Box和Jenkins于20世纪70年代提出的一种时间序列的预测方法<sup>[25]</sup>,其基本思想是将预测对象随时间推移而形成的数据序列视为一组随机序列,采用一定的数学模型来近似描述这个序列,从而根据已发生的序列值来预测未来值<sup>[26]</sup>。该模型的一般形式为ARIMA( $p, d, q$ ),考虑传染病的发生大多具有季节周期性,采用乘积季节模型ARIMA( $p, d, q$ )( $P, D, Q$ )<sub>s</sub>模型。模型中 $p$ 和 $q$ 分别为非季节自回归阶数和非季节移动平均阶数, $d$ 为非季节差分阶数, $P$ 和 $Q$ 分别为季节自回归阶数和季节移动平均阶数, $D$ 为季节差分阶数, $s$ 为季节长度<sup>[26]</sup>。

对当年报告病例数和现存儿童病例数两个指标分别建模。将所有数据分为两部分:2005年1月至2019年12月和2020年1-12月。前一部分的数据作为训练集,后一部分的数据作为验证集。ARIMA建模基本步骤<sup>[27-28]</sup>:

①数据预处理:利用原始数据时间序列图、自相关函数(ACF)图和偏自相关函数(PACF)图判断原始数据是否平稳。非平稳序列通过差分处理,使其成为平稳序列。

②模型识别:对处理后达到稳定性要求的序列,绘制ACF图和PACF图并建立相应模型。若PACF在 $p$ 阶截尾,选用AR( $p$ )模型;若ACF在 $q$ 阶截尾,选用MA( $q$ )模型;若ACF和PACF都拖尾,选用ARIMA( $p, d, q$ )模型。参数 $P$ 和 $Q$ 的值采用从低阶到高阶逐步尝试的方法进行选择<sup>[27]</sup>。

③参数估计和模型检验:运用最大似然估计法

对模型参数进行估计,再对残差序列进行白噪声检验,若 $P>0.05$ 则表示残差为白噪声,然后通过对比备选模型的 $R^2$ 和贝叶斯信息准则(BIC)值,根据 $R^2$ 值最大和BIC值最小原则<sup>[27-28]</sup>,确定最优ARIMA模型。计算最优模型的均方根误差(RMSE)、平均绝对误差百分比(MAPE)和平均绝对误差(MAE),以 $R^2$ 接近1和RMSE、MAPE、MAE值较小为拟合良好的标准评价预测效果。

④预测:将模型拟合的2005年1月至2020年12月的预测报告病例数与真实值比较,观察模型预测的趋势和实际趋势。

4. 统计学分析:使用Excel 2010软件建立丙肝病例报告数据库,应用SPSS 23.0软件进行季节特征及长期趋势分析、ARIMA模型的构建和预测。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 结 果

1.  $\leq 14$ 岁儿童丙肝报告病例数:2005-2020年报告病例数共5 355例,年报告病例数最多、较少的年份分别为2012、2020年。2005和2020年现存病例数分别为251和3 732例,现存病例数最多的年份为2015年(4 084例)。见图1。

2. 儿童丙肝当年报告病例数的季节特征与按月变化长期趋势:

(1)季节特征:2005-2020年,河南省 $\leq 14$ 岁儿童丙肝当年报告病例数的季节指数按1-12月分别为0.976 6、0.958 8、1.046 9、0.846 9、1.087 2、0.985 1、1.248 3、1.060 4、0.817 5、0.872 1、0.943 1和1.157 2(极差值和 $s$ 值分别为0.430 8和0.127 4)。季节指数的极差值 $<1$ ,表明河南省儿童丙肝当年报告病例数在2005-2020年季节变化基本趋于平稳,个别月份虽有波动但变化幅度较小,季节特征的变化不明显。

(2)按月变化长期趋势:去除季节效应的影响后,以2012年为界限,2005-2011年报告病例数的按月变化长期趋势呈上升趋势,2012-2020年呈下降趋势。见表1。

3. ARIMA模型预测:用ARIMA模型预测儿童丙肝的报告病例数,采用当年报告病例数和现存儿童病例数两个指标分别建模。

由原始序列图、ACF图和PACF图判断当年报告病例数和现存儿童病例数原始数据为非平稳序列。分别通过1阶和2阶差分使其成为平稳序列。

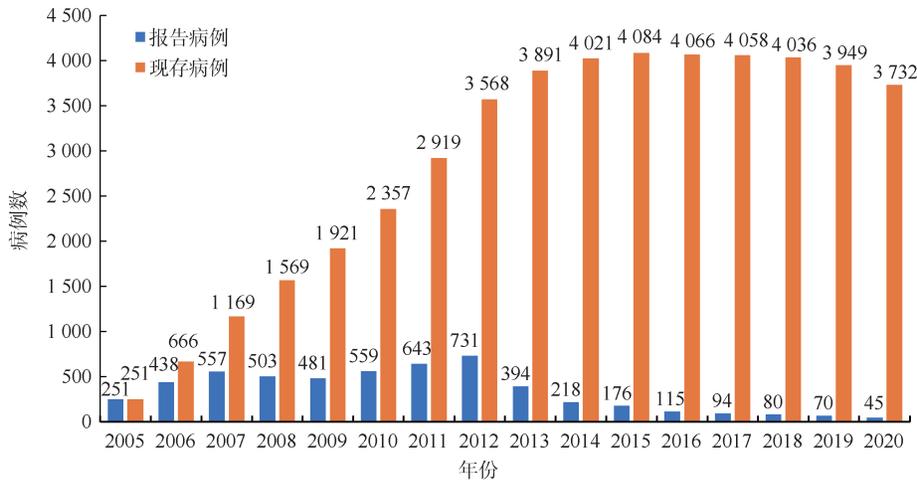


图1 2005-2020年河南省≤14岁儿童丙型肝炎报告病例数

表1 2005-2020年河南省≤14岁儿童丙型肝炎当年报告病例数按月变化长期趋势的线性回归分析

时间(年)	$\alpha$ 值(95%CI)	$\beta$ 值(95%CI)	P值	$R^2$ 值
2005-2011	25.936(19.322~32.551)	0.351(0.216~0.486)	<0.001	0.236
2012-2020	83.472(72.794~94.150)	-0.474(-0.549~-0.399)	<0.001	0.592

注: $\alpha$ 为常数项, $\beta$ 为回归系数

当年报告病例数差分处理后平稳序列的ACF图和PACF图显示分别在9阶和7阶后均落入95%CI。ACF图显示在2、3、7、9阶和PACF图显示在2、3、4、7阶较接近2倍标准差,由于 $p$ 和 $q$ 取值 $\leq 5$ ,故当年报告病例数的 $p$ 取值为(0、1、2、3、4), $q$ 取值为(0、1、2、3)。现存儿童病例数差分处理后平稳序列的ACF图和PACF图显示分别在9阶和6阶后均落入95%CI。ACF图显示在2、3、7、9阶和PACF图显示在2、3、4、6阶较接近2倍标准差,故现存儿童病例数的 $p$ 取值为(0、1、2、3、4), $q$ 取值为(0、1、2、3)。参数 $P$ 和 $Q$ 一般取值0~2,采取从低阶到高阶的顺序进行测试,根据模型的拟合优度指标进行选择。

根据以上信息和统计学检验结果,两个建模指标分别选择3个备选模型,其参数估计值和Ljung-Box残差检验结果见表2。其中 $P>0.05$ 表示

模型的残差为白噪声,以2005年1月至2019年12月的数据作为训练集,2020年1-12月的数据作为验证集,计算最优模型的RMSE、MAPE和MAE。将模型拟合的2005年1月至2020年12月的预测病例数与真实值比较(图2,3),模型预测的趋势与实际趋势一致。由于 $R^2$ 更接近1,MAPE值更小,采用现存儿童病例数指标建模进行趋势的拟合和预测要优于当年报告病例数。

## 讨论

儿童丙肝的季节趋势以季节指数的形式进行量化,季节指数 $S_k>1$ ,说明季节性大于平均值,出现发病高峰<sup>[29]</sup>。本研究发现,2005-2020年河南省≤14岁儿童丙肝当年报告病例的季节性特征不明显,这是由于一般情况下可排除经性传播,儿童丙

表2 2005-2020年河南省≤14岁儿童丙型肝炎报告病例数备选ARIMA模型及其参数值

备选ARIMA模型	$R^2$ 值	BIC值	P值	RMSE值	MAPE值	MAE值
<b>当年ARIMA(3,1,1)(0,0,0)<sub>12</sub></b>	0.783	4.818	0.243	10.240	35.566	6.688
当年ARIMA(3,1,2)(0,0,0) <sub>12</sub>	0.784	4.845	0.152	-	-	-
当年ARIMA(0,1,2)(0,0,0) <sub>12</sub>	0.771	4.806	0.069	-	-	-
<b>现存ARIMA(0,2,3)(0,0,0)<sub>12</sub></b>	1.000	4.852	0.212	10.558	0.659	7.156
现存ARIMA(3,2,1)(0,0,0) <sub>12</sub>	1.000	4.866	0.191	-	-	-
现存ARIMA(4,2,0)(0,0,0) <sub>12</sub>	1.000	4.869	0.113	-	-	-

注:ARIMA:差分自回归移动平均;BIC:贝叶斯信息准则值;RMSE:均方根误差;MAPE:平均绝对误差百分比;MAE:平均绝对误差;加粗字体:最终选择ARIMA模型;-:未列出

肝的传播途径主要为血液传播和母婴传播,与引起季节性变化的因素关系不大,因而无显著季节性变化,提示要做好日常防控工作。

本研究还发现,2005 年 1 月至 2011 年 12 月,河南省儿童丙肝当年报告病例数呈现上升趋势。这主要与该阶段全国处于丙肝监测和检测逐步扩大的阶段,同时陆续发生丙肝相关事件<sup>[30-31]</sup>,接受丙肝监测人数逐年增多有关。随着检测量的增加,发现的丙肝病例相应增多,因而报告病例数呈现上升趋势。另外,早期检测能力有限,很多感染者不能被明确诊断。随着各地检测能力的陆续加强<sup>[32]</sup>,既往的感染者能够得到明确诊断,同时叠加接受检测人数增多等因素,共同导致了当年报告病例数呈现上升的趋势。2012 年 1 月至 2020 年 12 月,河南省儿童丙肝当年报告病例数呈现下降趋势的原因有两方面,一是早期蓄积病例在 2012 年以前已经通过扩大检测被发现和报告,二是近年来随着各项防治措施的落实,新发现和新感染儿童病例数量下降。

使用 2005-2020 年报告病例数据建立了 ARIMA 模型,利用该模型拟合 2005-2020 年河南省儿童丙肝报告病例趋势,结果显示预测曲线与实际曲线较一致。当年报告病例数和现存儿童病例数两个指标 ARIMA 模型的  $R^2$  分别为 0.783 和 1.000, MAPE 值分别为 35.566 和 0.659。一般认为  $R^2$  越接近 1 预测效果越好,MAPE 低于 10%~15% 时预测精度较好<sup>[33]</sup>。该结果显示使用现存儿童病例数与使用当年报告病例数进行预测时,现存儿童病例数的预测曲线和实际曲线更一致,可能是由于“当年报告病例数”直接来自于病例报告系统,是当年医疗机构监测到的人群的患病数。对于整个儿童人群来说,只能算是横断面调查患病数的一个“片段”,随机性较大。而“现存儿童病例数”是将病例报告

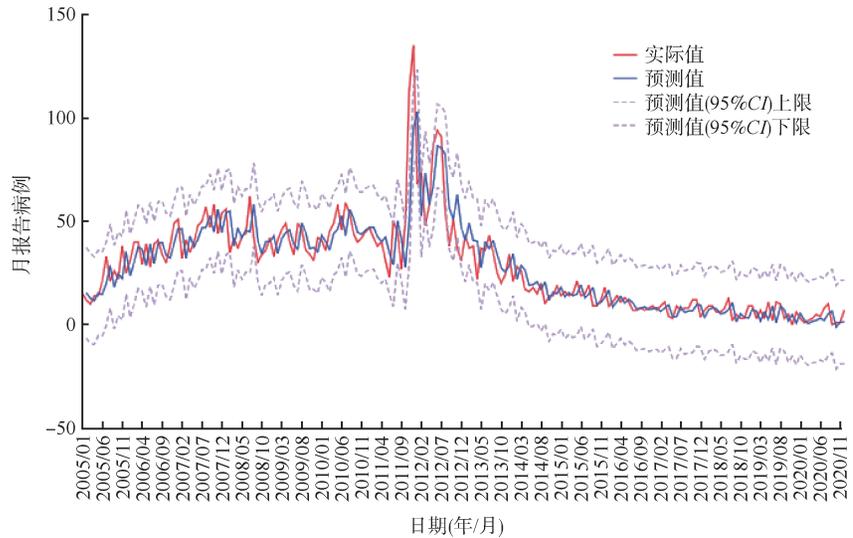


图2 2005-2020年河南省≤14岁儿童丙型肝炎月报告病例数实际值及预测值

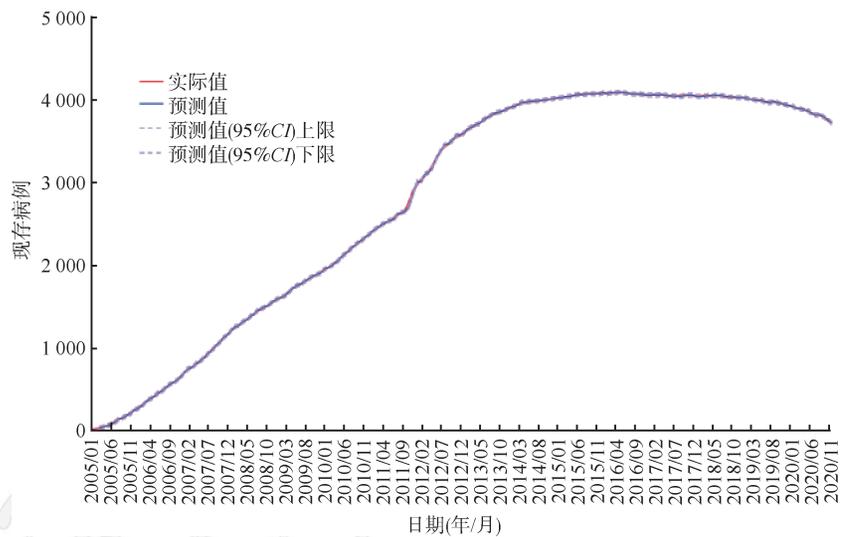


图3 2005-2020年河南省≤14岁儿童丙型肝炎实际值及预测值

系统连续多年的统计数据加工,将这些“片段”拼起来,得到接近儿童病例数的指标,因此相对稳定。该现象提示现存儿童丙肝病例数据是进行儿童丙肝短期预测和动态分析的有效指标,如能选择合适的 ARIMA 模型进行拟合,可用于河南省儿童丙肝疫情的短期预测和动态分析。

传染病报告所监测的对象为医疗机构就诊人群。虽然每年到医疗机构就诊的人数有限,但是连续开展多年监测后,监测对象范围将逐渐扩大。如果监测时间足够长,将会覆盖全人群。基于儿童只要在 15 岁之前通过体检、侵入性操作/手术前、住院常规检测、惠民检查项目或主动就诊等各种渠道开展过丙肝相关检测和诊断,均能被上报传染病报告管理系统的假设,同时随着丙肝检测项目逐渐常规

化,全民防病意识增强,群众对检测的接受度提高,检测覆盖盲区会逐步缩小。监测周期越长,得到的现存儿童病例数也就越接近实际儿童病例数,可从一定程度上反映儿童丙肝的流行现状。因而采取现存儿童病例数对儿童丙肝的流行情况进行预测,具有一定的理论基础和现实意义。

本研究存在局限性。本研究原始资料为传染病病例报告数据,因而仅能对病例报告情况进行分析和预测,现存病例数是否能真实反映患病情况还需要进一步开展相关研究进行证实。如能获得发病/患病基础资料并进行分析,将更为准确和具有应用价值。本研究数据来源于全国传染病报告管理系统的病例报告数据,影响传染病报告的因素有很多,如重报、漏报、误报和迟报等<sup>[34-36]</sup>,在利用数学模型进行预测时,应充分考虑这些因素。

综上所述,采用时间序列分析有助于了解河南省≤14岁儿童丙肝的流行特征,ARIMA模型用于河南省儿童丙肝疫情的短期预测和动态分析,具有较好的应用价值。

**利益冲突** 所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明** 李洁:研究设计、现场调查实施、数据整理、数据分析、论文撰写、论文修改;李宁、张国龙、赵东阳:研究指导、论文修改;刘洋:研究设计、研究指导、论文修改、经费支持

### 参 考 文 献

- [1] 中华预防医学会医院感染控制分会. 中国丙型肝炎病毒性肝炎医院感染防控指南[J]. 传染病信息, 2013, 26(2): 71-75. DOI:10.3969/j.issn.1007-8134.2013.02.004.
- [2] 汪业胜,王胜难,潘金花,等. 我国2009-2018年病毒性肝炎的发病趋势分析和预测研究[J]. 中华流行病学杂志, 2020, 41(9): 1460-1464. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20191024-00761.
- [3] 刘源,刘富强,陈立章,等. 湖南省2010-2015年丙型肝炎发病流行病学特征与短期发病趋势预测[J]. 中华疾病控制杂志, 2017, 21(2): 146-150. DOI: 10.16462/j.cnki.zhjbkz.2017.02.010.
- [4] 于林凤,吴静,周锁兰,等. ARIMA季节模型在我国丙肝发病预测中的应用[J]. 郑州大学学报:医学版, 2014, 49(3): 344-348. DOI:10.13705/j.issn.1671-6825.2014.03.014.
- [5] 郭璐,朱正平,徐园园,等. 2010-2017年南京市丙肝流行特

征分析与趋势预测[J]. 中国健康教育, 2019, 35(9): 818-821. DOI:10.16168/j.cnki.issn.1002-9982.2019.09.011.

- [6] 唐路,张燕,幸奠国,等. 基于空间数据分析技术的重庆市丙型肝炎发病研究[J]. 中华流行病学杂志, 2016, 37(1): 80-84. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.01.017.
- [7] 刘天,姚梦雷,陈红缨,等. 单纯ARIMA模型和基于季节性分解的ARIMA模型在丙肝发病率中的预测效果比较[J]. 实用预防医学, 2019, 26(3): 278-281. DOI: 10.3969/j.issn.1006-3110.2019.03.007.
- [8] 李洋,张学良. ARIMA季节模型在预测新疆地区丙型肝炎发病数中的应用[J]. 新疆医科大学学报, 2018, 41(1): 106-109. DOI:10.3969/j.issn.1009-5551.2018.01.025.
- [9] 王晓军,张荣珍,胡苑笙,等. 我国病毒性肝炎流行现状研究[J]. 疾病监测, 2004, 19(8): 290-292. DOI: 10.3784/j.issn.1003-9961.2004.08.005.
- [10] 秦倩倩,郭巍,王丽艳,等. 1997-2011年中国丙型肝炎流行特征分析[J]. 中华流行病学杂志, 2013, 34(6): 548-551. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2013.06.002.
- [11] 孙海泉,肖革新,郭莹,等. 中国2008-2012年丙肝流行规律及空间聚集性分析[J]. 中国公共卫生, 2014, 30(3): 286-289. DOI:10.11847/zgggws2014-30-03-10.
- [12] 陈国翠,陈伟红,卓菲,等. 深圳市外来务工人员丙肝流行和健康教育需求评估[J]. 现代预防医学, 2016, 43(9): 1634-1636, 1640. DOI:CNKI:SUN:XDYF.0.2016-09-025.
- [13] 董军亚,雷学忠,尹仲良,等. 成都地区学龄前儿童乙型肝炎抗原疫苗效果考核及丙型肝炎感染情况的调查[J]. 华西医科大学学报, 1999, 30(4): 434-436. DOI: 10.3969/j.issn.1672-173X.1999.04.025.
- [14] 李洁,杨文杰,王哲. 河南省2008-2013年15岁以下儿童丙型肝炎流行特征分析[J]. 中华流行病学杂志, 2014, 35(10): 1119-1122. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2014.10.009.

- province from 2008 to 2013[J]. *Chin J Epidemiol*, 2014, 35(10): 1119-1122. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2014.10.009.
- [15] 李洁, 杨文杰, 王哲. 河南省 2004-2012 年丙型肝炎流行特征分析[J]. *中国公共卫生*, 2015, 31(8): 1066-1068. DOI: 10.11847/zgggws2015-31-08-25.
- Li J, Yang WJ, Wang Z. Epidemiological characteristics of hepatitis C in Henan province, 2004-2012[J]. *Chin J Public Health*, 2015, 31(8): 1066-1068. DOI: 10.11847/zgggws2015-31-08-25.
- [16] 朱玉, 夏结来, 王静. 单纯 ARIMA 模型和 ARIMA-GRNN 组合模型在猩红热发病率中的预测效果比较[J]. *中华流行病学杂志*, 2009, 30(9): 964-968. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2009.09.025.
- Zhu Y, Xia JL, Wang J. Comparison of predictive effect between the single autoregressive integrated moving average (ARIMA) model and the ARIMA-generalized regression neural network (GRNN) combination model on the incidence of scarlet fever[J]. *Chin J Epidemiol*, 2009, 30(9): 964-968. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2009.09.025.
- [17] 李忠奇, 陶必林, 占梦瑶, 等. 时间序列模型应用于新型冠状病毒肺炎疫情预测效果比较研究[J]. *中华流行病学杂志*, 2021, 42(3): 421-426. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20201116-01333.
- Li ZQ, Tao BL, Zhan MY, et al. A comparative study of time series models in predicting COVID-19 cases[J]. *Chin J Epidemiol*, 2021, 42(3): 421-426. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20201116-01333.
- [18] 言晨琦, 王瑞白, 刘海灿, 等. ARIMA 模型预测 2018-2019 年我国肺结核发病趋势的应用[J]. *中华流行病学杂志*, 2019, 40(6): 633-637. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2019.06.006.
- Yan CQ, Wang RB, Liu HC, et al. Application of ARIMA model in predicting the incidence of tuberculosis in China from 2018 to 2019[J]. *Chin J Epidemiol*, 2019, 40(6): 633-637. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2019.06.006.
- [19] 沈忠周, 马帅, 曲翌敏, 等. ARIMA 模型在我国法定传染病报告数中的应用[J]. *中华流行病学杂志*, 2017, 38(12): 1708-1712. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2017.12.025.
- Shen ZZ, Ma S, Qu YM, et al. Application of autoregressive integrated moving average model in predicting the reported notifiable communicable diseases in China[J]. *Chin J Epidemiol*, 2017, 38(12): 1708-1712. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2017.12.025.
- [20] 刘莹, 胡锡敏, 陈言, 等. ARIMA 模型在海南省 2014-2017 年居民自杀死亡率中的应用[J]. *中华流行病学杂志*, 2018, 39(5): 664-668. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2018.05.024.
- Liu Y, Hu XM, Chen Y, et al. Application of ARIMA model in prediction of mortality rate of suicide in Hainan province [J]. *Chin J Epidemiol*, 2018, 39(5): 664-668. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2018.05.024.
- [21] 贾俊平, 何晓群, 金勇进. *统计学*[M]. 7 版. 北京: 中国人民大学出版社, 2018.
- Jia JP, He XQ, Jin YJ. *Statistics*[M]. 7<sup>th</sup> ed. Beijing: China Renmin University Press, 2018.
- [22] Zhang XY, Hou FS, Li XS, et al. Study of surveillance data for class B notifiable disease in China from 2005 to 2014[J]. *Int J Infect Dis*, 2016, 48: 7-13. DOI: 10.1016/j.ijid.2016.04.010.
- [23] Zhang XY, Zhang T, Young AA, et al. Applications and comparisons of four time series models in epidemiological surveillance data[J]. *PLoS One*, 2014, 9(2): e88075. DOI: 10.1371/journal.pone.0088075.
- [24] Zhang XY, Hou FS, Qiao ZJ, et al. Temporal and long-term trend analysis of class C notifiable diseases in China from 2009 to 2014[J]. *BMJ open*, 2016, 6(10): e011038. DOI: 10.1136/bmjopen-2016-011038.
- [25] 方积乾, 陆盈. *现代医学统计学*[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2002.
- Fang JQ, Lu Y. *Advanced medical statistics*[M]. Beijing: People's Health Publishing House, 2002.
- [26] 易丹辉, 王燕. *应用时间序列分析*[M]. 5 版. 北京: 中国人民大学出版社, 2019.
- Yi DH, Wang Y. *Applied time series analysis*[M]. 5<sup>th</sup> ed. Beijing: China Renmin University Press, 2019.
- [27] 何书元. *应用时间序列分析*[M]. 北京: 北京大学出版社, 2003.
- He SY. *Application of time series analysis*[M]. Beijing: Peking University Press, 2003.
- [28] Cryer JD, Chan KS. *Time series analysis: with applications in R*[M]. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Springer, 2008.
- [29] Grassly NC, Fraser C. Seasonal infectious disease epidemiology[J]. *Proc Roy Soc B Biol Sci*, 2006, 273(1600): 2541-2550. DOI: 10.1098/rspb.2006.3604.
- [30] 郭永豪, 范军星, 王哲, 等. 河南省一起丙型肝炎疫情的血清学调查和风险因素分析[J]. *中华流行病学杂志*, 2012, 33(7): 722-725. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2012.07.017.
- Guo YH, Fan JX, Wang Z, et al. Sero-prevalence and associated risk factors on hepatitis C in Maqiao township, Henan province of China[J]. *Chin J Epidemiol*, 2012, 33(7): 722-725. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2012.07.017.
- [31] 李新芳, 张晓飞, 陈燕明, 等. 从我国 HCV 感染暴发事件探讨 HCV 经血传播感染的风险[J]. *中国感染控制杂志*, 2017, 16(10): 969-970. DOI: 10.3969/j.issn.1671-9638.2017.10.018.
- Li XF, Zhang XF, Chen YM, et al. Evaluation on risk of blood-transmitted HCV infection through the out-break of HCV infection in China[J]. *Chin J Infect Control*, 2017, 16(10): 969-970. DOI: 10.3969/j.issn.1671-9638.2017.10.018.
- [32] 武海波, 周紫霄, 黄奕祥. 2004-2011 年中国丙型肝炎病毒性肝炎流行病学特征分析[J]. *现代预防医学*, 2015, 42(7): 1173-1175.
- Wu HB, Zhou ZX, Huang YX. Analysis of epidemiological characteristics of viral hepatitis C in China, 2004-2011[J]. *Mod Prev Med*, 2015, 42(7): 1173-1175.
- [33] Li ZQ, Wang ZZ, Song H, et al. Application of a hybrid model in predicting the incidence of tuberculosis in a Chinese population[J]. *Infect Drug Resist*, 2019, 12: 1011-1020. DOI: 10.2147/IDR.S190418.
- [34] 李言飞, 张业武, 王晓风, 等. 2005-2017 年全国法定传染病重复报告卡大数据分析与应用[J]. *疾病监测*, 2019, 34(5): 468-472. DOI: 10.3784/j.issn.1003-9961.2019.05.021.
- Li YF, Zhang YW, Wang XF, et al. Application analysis of big data of duplicate reporting cards in National Notifiable Disease Report System, 2005-2017[J]. *Dis Surveill*, 2019, 34(5): 468-472. DOI: 10.3784/j.issn.1003-9961.2019.05.021.
- [35] 刘世炜, 王丽萍, 张春曦, 等. 2009 年全国法定传染病网络直报信息质量评价及指标探讨[J]. *疾病监测*, 2011, 26(6): 499-503. DOI: 10.3784/j.issn.1003-9961.2011.06.022.
- Liu SW, Wang LP, Zhang CX, et al. Evaluation on quality of notifiable communicable diseases network direct reporting and discussion about evaluation indicators in China, 2009[J]. *Dis Surveill*, 2011, 26(6): 499-503. DOI: 10.3784/j.issn.1003-9961.2011.06.022.
- [36] 周京明. 重复报告对丙型肝炎报告病例流行特征的影响[J]. *中国艾滋病性病*, 2020, 26(11): 1234-1237. DOI: 10.13419/j.cnki.aids.2020.11.23.
- Zhou JM. Influence of repeated reporting on epidemiological characteristic analysis of reported cases of hepatitis C[J]. *Chin J AIDS STD*, 2020, 26(11): 1234-1237. DOI: 10.13419/j.cnki.aids.2020.11.23.