

# 2009—2019 年中国病毒性肝炎发病的时空流行病学特征分析

董邓波<sup>1</sup>, 邹圣强<sup>2</sup>, 唐舒<sup>1</sup>

1. 华北理工大学公共卫生学院, 河北 唐山 063210; 2. 镇江市第三人民医院

**摘要:**目的 分析 2009—2019 年中国病毒性肝炎发病的流行病学特点和时空分布特征, 探索其时空聚集性的动态分布, 为优化病毒性肝炎的防控策略提供科学依据。方法 从公共卫生数据中心提取 2009—2019 年病毒性肝炎的病例资料, 利用描述性流行病学、空间自相关分析方法对中国 2009—2019 年病毒性肝炎的监测数据进行时空流行病学分析。结果 2009—2019 年, 全国累计报告病毒性肝炎发病 13 915 842 例, 年均发病率为  $93.08/10^5$ , 整体呈下降趋势。春季(3—5 月)为丙肝和乙肝的发病高峰, 戊肝历年发病曲线呈单峰型, 甲肝发病无明显季节性规律。丙肝、乙肝和戊肝高发人群集中在 30~70 岁之间, 甲肝高发人群从 2~10 岁转变为 80 岁以上人群。新疆维吾尔自治区、青海省、甘肃省为丙肝、乙肝和甲肝的高发区域, 戊肝高发区域主要集中在东部地区。全局空间自相关结果显示, 丙肝(除 2009 年和 2019 年)和甲肝发病呈现空间正相关性(Moran  $I$  值为 0.13~0.66,  $P < 0.05$ ), 乙肝和戊肝发病主要呈现随机分布特征(Moran  $I$  值为 0.01~0.31,  $P > 0.05$ )。结论 2009—2019 年, 中国病毒性肝炎发病具有明显的时空聚集性。未来不同省份应当针对病毒性肝炎的时空流行病学特点因地制宜, 精准干预, 制定科学的防控措施。

**关键词:**病毒性肝炎; 时空流行病学; 空间自相关; 疾病负担

中图分类号: R512.6; R181.3 文献标志码: A 文章编号: 1003-8507(2024)04-595-07

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202311272

## Spatio-temporal epidemiological characterisation of viral hepatitis incidence in China, 2009–2019

DONG Deng-bo\*, ZOU Sheng-qiang, TANG Shu

\* School of Public Health, North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei 063210, China

**Abstract: Objective** To analyse the epidemiological characteristics and spatial-temporal distribution features of viral hepatitis in China from 2009 to 2019, explore the dynamic distribution of its spatial-temporal aggregation, and provide scientific basis for optimizing the prevention and control strategies of viral hepatitis. **Methods** Case data on viral hepatitis from 2009 to 2019 were extracted from the Public Health Data Centre, and spatiotemporal epidemiological analysis of surveillance data on viral hepatitis in China from 2009 to 2019 was performed using descriptive epidemiology and spatial autocorrelation analysis methods. **Results** From 2009 to 2019, a cumulative total of 13 915 842 cases of viral hepatitis were reported nationwide, with an average annual incidence rate of  $93.08/10^5$ , showing an overall decreasing trend. Spring (March–May) was the peak of the incidence of hepatitis C and hepatitis B. The incidence curve of hepatitis E over the years showed a single-peak pattern, and the incidence of hepatitis A had no obvious seasonal pattern. The high incidence of hepatitis C, hepatitis B and hepatitis E was concentrated in the age group of 30–70 years old, and the high incidence of hepatitis A changed from the age group of 2–10 years old to the age group of 65 years old and above. Xinjiang Uygur Autonomous Region (XUAR), Qinghai Province and Gansu Province in the western region were the high prevalence areas of hepatitis C, B and A, while the high prevalence areas of hepatitis E were mainly concentrated in the eastern region. The results of global spatial autocorrelation showed that the incidence of hepatitis C (except for 2009 and 2019) and hepatitis A showed a positive spatial correlation (Moran  $I$  value of 0.13–0.66,  $P < 0.05$ ), and the incidence of hepatitis B and hepatitis E mainly showed a random distribution (Moran  $I$  value of 0.01–0.31,  $P > 0.05$ ). **Conclusion** From 2009 to 2019, viral hepatitis incidence in China has obvious spatial and temporal aggregation. In the future, different provinces should tailor their interventions to the spatio-temporal epidemiological characteristics of viral hepatitis and develop scientific prevention and

基金项目: 镇江市社会发展重点研发项目(SH2021030); 镇江市社会发展指导性科技计划项目(FZ2021068)

作者简介: 董邓波(2000—), 女, 硕士在读, 研究方向: 流行病学与统计学

通信作者: 邹圣强, E-mail: 1210xyz@163.com

control measures.

**Keywords:** Viral hepatitis; Spatio-temporal epidemiology; Spatial autocorrelation; Disease burden

病毒性肝炎是由多种肝炎病毒引起的以肝脏病变为主的传染性疾病,已成为世界范围内重大的公共卫生问题<sup>[1]</sup>。据统计,病毒性肝炎每年导致 150 万人死亡,严重影响了数亿人的生活质量<sup>[2]</sup>。2016 年,世界卫生组织制定了到 2030 年消除病毒性肝炎这一公共卫生问题的宏伟目标,包括将新发感染减少 90%,将病毒性肝炎死亡减少 65%<sup>[3]</sup>。中国是世界上病毒性肝炎感染负担最大的国家,将成为到 2030 年全球消除病毒性肝炎的主要贡献者<sup>[4]</sup>。近年来,中国在控制病毒性肝炎方面投入了大量的人力、经费和保障措施。自 2008 年起,国家将甲肝疫苗纳入国家免疫规划,2015 年对所有孕妇进行 HBsAg 免费筛查,2017 年国家食品药品监督管理局陆续批准了丙肝直接抗病毒药物在中国上市,这些防控措施使病毒性肝炎发病的时空流行病学有所变化。

空间流行病学是地理学和流行病学等多学科融合发展起来的一门学科,能从宏观空间角度中直观准确地显示空间区域的疾病负担<sup>[5]</sup>。然而,中国病毒性肝炎相关研究以长时间序列的分析研究较少。因此,本研究旨在分析 2009—2019 年中国病毒性肝炎的流行病学特点和时空分布特征,探索其时空聚集性的动态分布,以期为公共卫生专业人员和政策制定者制定有效的消除病毒性肝炎策略提供科学支持。

## 1 资料和方法

**1.1 资料来源** 我国病毒性肝炎包括甲型、乙型、丙型、丁型、戊型肝炎,鉴于丁型肝炎发病率极低,本研究仅对甲、乙、丙、戊型肝炎发病数据进行分析。2009—2019 年中国大陆 31 个省(自治区、直辖市)的病毒性肝炎病例资料来源于公共卫生科学数据中心<sup>[6]</sup>。同期人口数据来源于《中国统计年鉴》(2009—2019 年)<sup>[7]</sup>。全国行政区矢量地图及经纬度坐标通过国家基础地理信息中心获取<sup>[8]</sup>。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 资料的预处理** 采用 Excel 对 2009—2019 年病毒性肝炎发病资料进行整理。将中国大陆 31 个省份(自治区、直辖市)的病毒性肝炎发病率,以行政区划代码为连接字段,在 ArcGIS 软件中与全国行政区划矢量地图连接,建立 2009—2019 年中国病毒性肝炎发病率地理信息数据库。

**1.2.2 描述性分析** 以发病例数、发病率等为主要指标对病毒性肝炎的三间分布特征进行描述性分析。绘制中国病毒性肝炎发病率地图,发病率分级采用 ArcGIS 自然间断点分级法。检验水准  $\alpha = 0.05$ 。

**1.2.3 空间自相关分析** 空间自相关分析是度量空间单元属性值聚集离散程度的方法,包括全局空间自相关分析和局部空间自相关分析。其中全局空间自相关主要反映属性值在整个区域的空间分布特征,用全局 Moran  $I$  值表示,取值范围为  $[-1, 1]$ 。全局 Moran  $I$  值  $> 0$  表示存在空间正相关性,越接近于 1 表明空间集聚程度越高;全局 Moran  $I$  值  $< 0$  表示存在空间负相关,越接近于 -1 表明空间分散程度越高;全局 Moran  $I$  值 = 0 表示不存在空间相关性<sup>[9]</sup>。局部空间自相关可反映属性值在局部区域的空间分布特征,主要包括 4 种聚集模式:高-高聚集、低-低聚集、高-低聚集、低-高聚集<sup>[10]</sup>。

**1.3 统计学分析** 采用 Excel 2019 软件进行描述性统计分析。采用 ChiPlot 软件绘制年龄分布哑铃图。使用 ArcGIS 10.8 软件绘制发病率地图。使用 Geoda 1.22 软件进行空间自相关分析。

## 2 结果

**2.1 病毒性肝炎流行概况** 2009—2019 年全国累计报告病毒性肝炎发病 13 915 842 例,其中丙肝 2 138 127 例 (15.36%), 乙肝 11 199 998 例 (80.48%), 戊肝 296 183 例 (2.12%), 甲肝 281 534 例 (2.02%)。病毒性肝炎年均发病率为  $93.08 / 10^5$ 。见表 1。

表 1 中国 2009—2019 年病毒性肝炎年发病率

Table 1 Annual incidence of viral hepatitis in China, 2009—2019

时间	丙肝		乙肝		戊肝		甲肝		总发病例数	总发病率 (1/10 <sup>5</sup> )
	发病例数	发病率 (1/10 <sup>5</sup> )	发病例数	发病率 (1/10 <sup>5</sup> )	发病例数	发病率 (1/10 <sup>5</sup> )	发病例数	发病率 (1/10 <sup>5</sup> )		
2009	131 849	9.93	1 179 607	88.82	20 275	1.53	43 841	3.30	1 375 572	103.58
2010	153 039	11.47	1 060 582	79.46	23 682	1.77	35 277	2.64	1 272 580	95.34
2011	173 872	12.97	1 093 335	81.54	29 202	2.18	31 456	2.35	1 327 865	99.03
2012	201 622	14.96	1 087 086	80.68	27 271	2.02	24 453	1.81	1 340 432	99.49
2013	203 155	15.00	962 974	71.12	27 902	2.06	22 244	1.64	1 216 275	89.83

(续表)

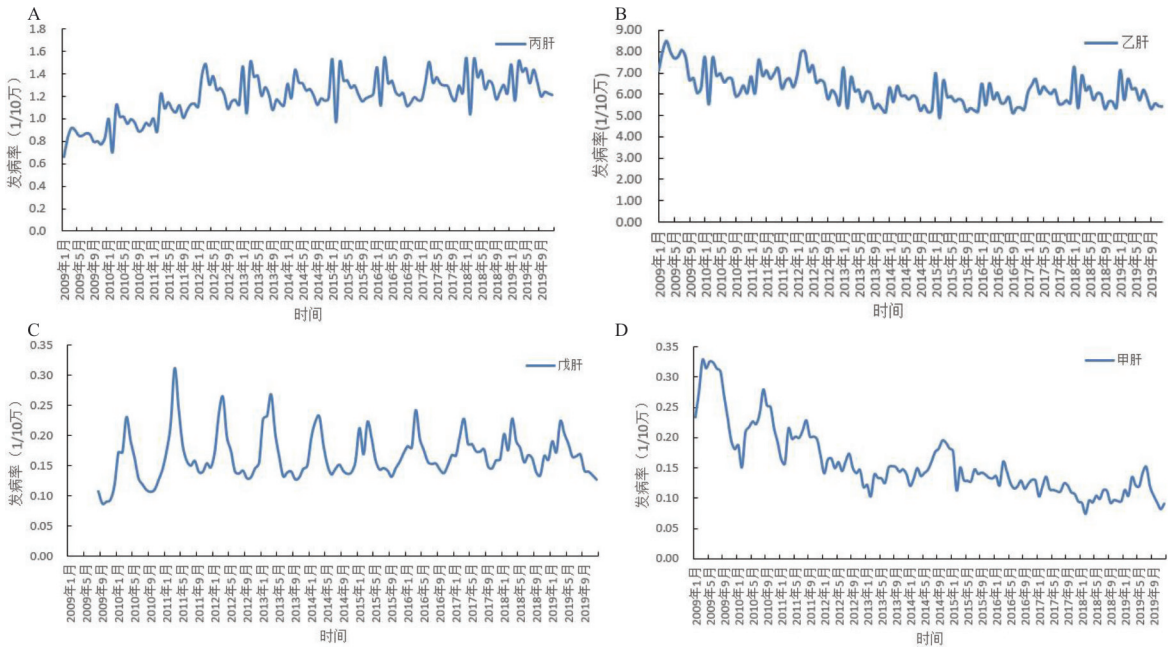
时间	丙肝		乙肝		戊肝		甲肝		总发病数	总发病率 (1/10 <sup>5</sup> )
	发病数	发病率 (1/10 <sup>5</sup> )	发病数	发病率 (1/10 <sup>5</sup> )	发病数	发病率 (1/10 <sup>5</sup> )	发病数	发病率 (1/10 <sup>5</sup> )		
2014	202 803	14.97	935 702	69.05	26 988	1.99	25 969	1.92	1 191 462	87.92
2015	207 897	15.26	934 215	68.57	27 169	1.99	22 667	1.66	1 191 948	87.48
2016	206 832	15.09	942 268	68.74	27 922	2.04	21 285	1.55	1 198 307	87.42
2017	214 023	15.51	1 001 952	72.61	29 014	2.10	18 875	1.37	1 263 864	91.60
2018	219 375	15.79	999 985	71.99	28 603	2.06	16 196	1.17	1 264 159	91.01
2019	223 660	16.02	1 002 292	71.77	28 155	2.02	19 271	1.38	1 273 378	91.18

2.2 病毒性肝炎三间分布特征

2.2.1 时间分布 乙肝发病率由 2009 年的 88.82/10<sup>5</sup> 降至 2019 年的 71.77/10<sup>5</sup>, 甲肝发病率由 2009 年的 3.30/10<sup>5</sup> 降至 2019 年的 1.38/10<sup>5</sup>, 丙肝发病率由 2009 年的 9.93/10<sup>5</sup> 升至 2019 年的 16.02/10<sup>5</sup>, 戊肝发病率由 2009 年的 1.53/10<sup>5</sup> 升至 2019 年的 2.02/10<sup>5</sup>。

2009—2019 年全国每月均有病毒性肝炎病例出

现。丙肝、乙肝发病高峰为每年的春季(3—5 月), 其中 2016 年 3 月丙肝发病率最高(1.55/10<sup>5</sup>), 2009 年 3 月乙肝发病率最高(8.51/10<sup>5</sup>)。戊肝历年发病曲线呈单峰型, 每年的 1—6 月为发病高峰, 其中 2011 年 3 月戊肝发病率最高(0.31/10<sup>5</sup>)。甲肝发病无明显季节性, 且流行强度逐渐呈下降趋势, 最高发病率为 2009 年 3 月(0.33/10<sup>5</sup>), 见图 1。



注:图 A 为丙肝月发病率;图 B 为乙肝月发病率;图 C 为戊肝月发病率;图 D 为甲肝月发病率。

图 1 2009—2019 年中国病毒性肝炎月发病率变化趋势

Fig. 1 Monthly incidence of viral hepatitis in China from 2009 to 2019

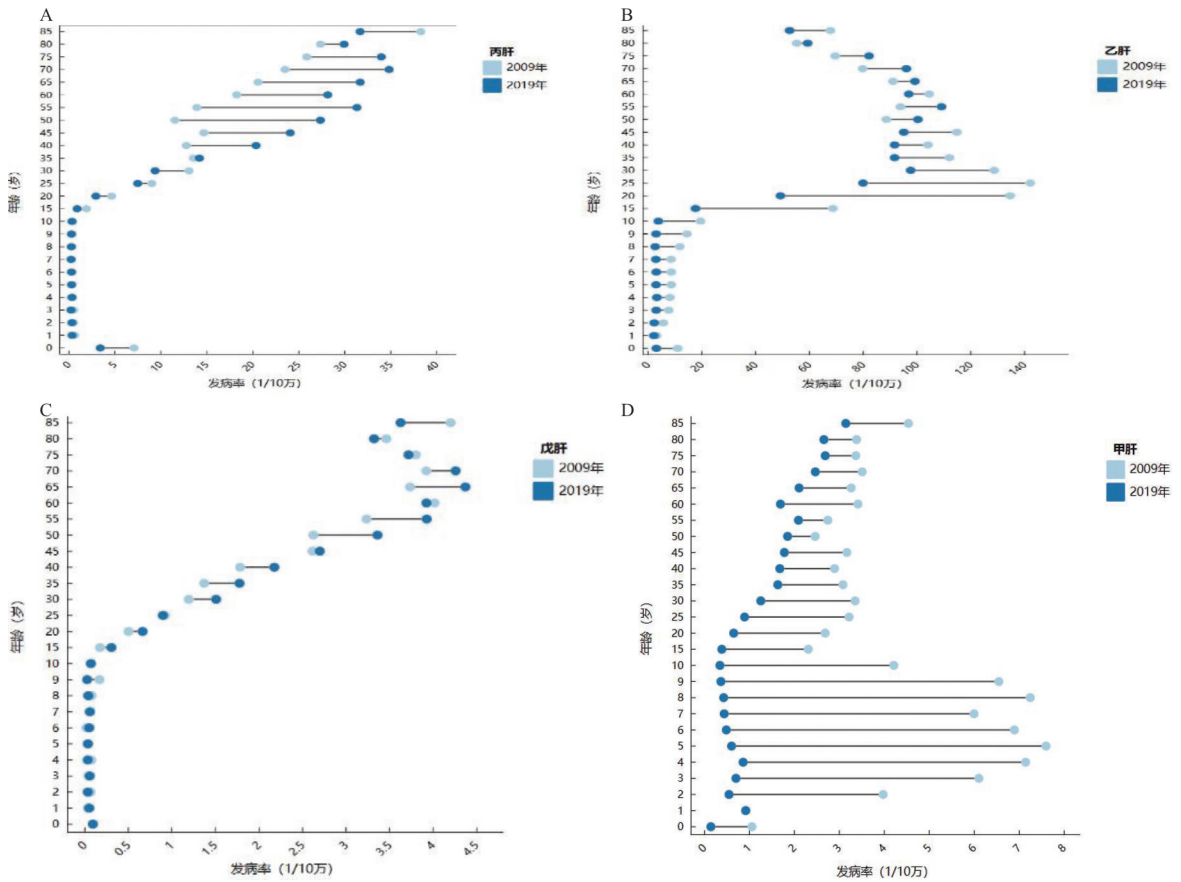
2.2.2 人群分布 2009—2019 年病毒性肝炎各年龄组均有发病,丙肝和戊肝发病以 55 岁以上年龄组为主,乙肝和甲肝高发年龄变化较大。其中 2009 年乙肝主要集中在 20~30 岁人群,2019 年主要集中在 50~65 岁人群,最高发病率为 55~60 岁(109.06/10<sup>5</sup>);甲肝高发年龄组从 2~10 岁转变为 80 岁以上人群。见图 2。

2.2.3 地区分布 2009—2019 年中国历年病毒性肝炎发病地区分布不均匀,2009 年乙肝和丙肝主要集

中在新疆维吾尔自治区、青海省、甘肃省等西部地区,并都逐渐向中部地区扩散,东部地区的浙江省、山东省、江苏省持续处于低流行水平;2009—2019 年甲肝高发地区为新疆维吾尔自治区、宁夏回族自治区、西藏自治区,而戊肝主要集中在江苏省、上海市和浙江省等东部地区,西部地区处于低流行水平。见图 3。

2.3 空间分析

2.3.1 全局空间自相关分析 除 2009 年和 2019 年的丙肝发病率外,2009—2019 年中国历年丙肝、甲肝



注:图 A 为 2009 年、2019 年丙肝年龄分布;图 B 为 2009 年、2019 年乙肝年龄分布;图 C 为 2009 年、2019 年戊肝年龄分布;图 D 为 2009 年、2019 年甲肝年龄分布。

图 2 2009、2019 年中国病毒性肝炎发病率人群分布

Fig. 2 Population distribution of viral hepatitis incidence in China, 2009, 2019

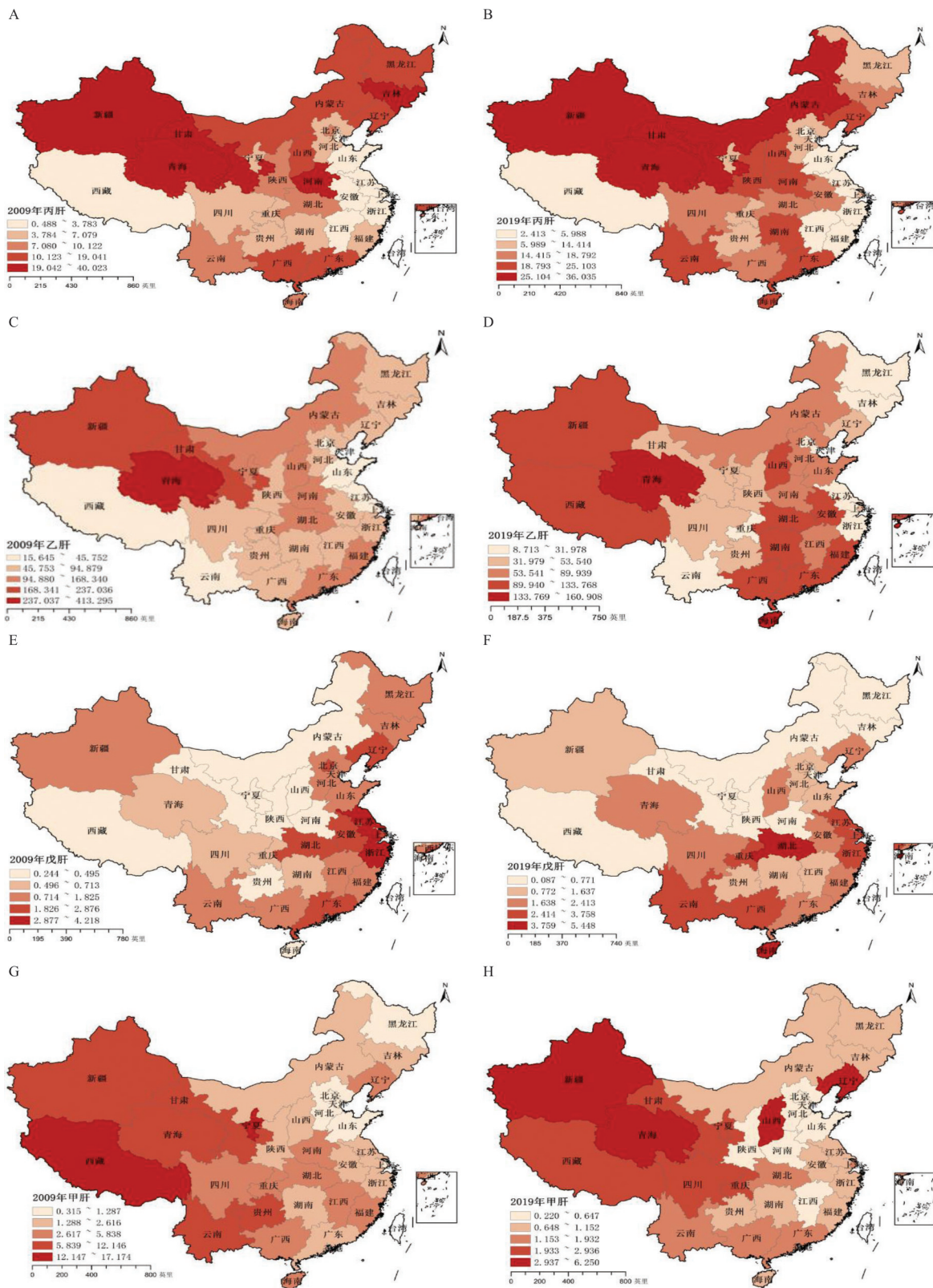
发病率均呈现空间正相关(Moran  $I$  值为 0.13 ~ 0.66,  $P$  均  $< 0.05$ ),即丙肝和甲肝存在空间聚集性。丙肝 Moran  $I$  值呈现逐年下降趋势,提示 2009—2019 年丙肝发病的空间聚集性逐渐减弱;甲肝 Moran  $I$  值除

2014 年、2016 年和 2019 年在 0.25 左右波动,总体较为平稳,表明甲肝空间聚集性较强。而乙肝和戊肝发病率主要呈随机分布(Moran  $I$  值为 0.01 ~ 0.31,  $P > 0.05$ )。见表 2。

表 2 2009—2019 年中国病毒性肝炎发病率全局空间自相关分析

Table 2 Global spatial autocorrelation analysis of viral hepatitis incidence in China from 2009 to 2019

年份	丙肝			乙肝			戊肝			甲肝		
	Moran $I$ 值	Z 值	$P$ 值	Moran $I$ 值	Z 值	$P$ 值	Moran $I$ 值	Z 值	$P$ 值	Moran $I$ 值	Z 值	$P$ 值
2009	0.25	2.373	0.160	0.19	1.995	0.037	0.31	2.955	0.005	0.50	4.549	0.001
2010	0.22	2.107	0.028	0.18	1.742	0.048	0.30	2.796	0.007	0.45	4.730	0.002
2011	0.21	2.054	0.033	0.22	2.036	0.028	0.29	2.670	0.007	0.56	5.211	0.002
2012	0.18	1.829	0.047	0.12	1.278	0.106	0.14	1.424	0.084	0.66	6.132	0.001
2013	0.18	1.859	0.040	0.03	0.517	0.285	0.18	1.819	0.042	0.62	5.884	0.002
2014	0.17	1.774	0.047	0.01	0.298	0.357	0.15	1.430	0.082	0.25	4.359	0.004
2015	0.18	1.809	0.045	0.04	0.567	0.266	0.22	1.995	0.032	0.40	4.674	0.004
2016	0.18	1.811	0.038	0.01	0.334	0.347	0.10	1.016	0.160	0.20	2.596	0.019
2017	0.19	1.821	0.044	0.02	0.349	0.344	0.16	1.530	0.074	0.40	3.996	0.003
2018	0.19	1.799	0.042	0.07	0.826	0.198	0.14	1.472	0.075	0.50	4.507	0.002
2019	0.13	1.282	0.115	0.07	0.791	0.213	0.17	1.612	0.052	0.25	2.407	0.025



注:图 A 为 2009 年丙肝发病地区分布;图 B 为 2019 年丙肝发病地区分布;图 C 为 2009 年乙肝发病地区分布;图 D 为 2019 年乙肝发病地区分布;图 E 为 2009 年戊肝发病地区分布;图 F 为 2019 年戊肝发病地区分布;图 G 为 2009 年甲肝发病地区分布;图 H 为 2019 年甲肝发病地区分布。

图 3 2009、2019 年中国病毒性肝炎发病率的地区分布 (审图号:GS(2016)2923 号)

Fig. 3 Regional distribution of viral hepatitis incidence in China in 2009 and 2019 (Review No. : GS (2016) 2923)

2.3.2 局部空间自相关分析 2009—2019 年中国病毒性肝炎局部热点区域多集中在我国西部地区。2019 年局部空间自相关结果显示,在高-高区域中,

丙肝包括甘肃省和陕西省;乙肝包括新疆维吾尔自治区和江西省;戊肝包括上海市;甲肝包括新疆维吾尔自治区、西藏自治区、青海省、甘肃省;在低-低区域

中,丙肝包括江苏省、浙江省;戊肝包括内蒙古自治区;甲肝包括山东省、广东省、安徽省;在低-高区域中,丙肝包括宁夏回族自治区、西藏自治区;戊肝包括江西省和湖南省;在高-低区域中,戊肝和甲肝均为山西省。

### 3 讨论

本研究对 2009—2019 年中国大陆 31 个省的病毒性肝炎发病数据进行了分析,明确了各省份病毒性肝炎的三间分布和时空变化规律,可为全国有针对性地开展病毒性肝炎防控工作提供科学依据。

本研究发现,2009—2019 年中国病毒性肝炎年均发病率为  $93.08/10^5$ ,整体呈下降趋势,与 SuX<sup>[11]</sup> 的研究结论相一致,表明我国病毒性肝炎的防控工作取得了一定的进展,但整体而言病毒性肝炎的疾病负担仍然很高,持续的公共卫生干预对病毒性肝炎的流行至关重要。

时间分布上,2009—2019 年丙肝和戊肝发病率总体呈现上升趋势,乙肝和甲肝发病率呈下降趋势。丙肝和乙肝发病高峰为每年的春季(3—5 月),与相关报道相一致<sup>[12]</sup>。这可能与春节期间人口流动大、温度变化和季节交替等因素相关。甲肝发病无明显的季节性,且流行强度逐渐呈下降趋势,这在其他研究中已经证明<sup>[13]</sup>。而戊肝历年发病曲线呈单峰型,每年的 1—6 月为发病高峰,其中 3 月报告发病数最多,与 Ren X 的研究结论相一致<sup>[14]</sup>。由于戊肝主要以粪-口传播为主,因此有必要结合戊肝的发病趋势和潜伏期,提前做好冬春季监测,在流行高峰期前加强饮水和食品卫生等相关知识的健康宣教和严格的防控措施。

人群分布上,2009—2019 年期间中国丙肝和乙肝高发人群以中老年为主,且随着时间的推移丙肝和乙肝年龄发病率呈现上升趋势,这可能与丙肝和乙肝病例发现的滞后有关<sup>[15]</sup>。此外,高龄人群不洁注射史、血制品管理不规范等暴露的机会较多也会增加其感染的风险<sup>[16]</sup>。因此,后续可根据丙肝和乙肝人群分布特征,完善监测系统,识别高危人群,制定精准防控措施。而戊肝高发人群为 40 岁以上人群,这可能与人口老龄化有关<sup>[17]</sup>。2009 年期间甲肝的报告发病率最高的是 1~9 岁年龄组,而 2019 年甲肝发病年龄高峰后移,10 岁以下儿童中甲肝发病率极低,这反映了 2008 年我国将甲肝疫苗纳入计划免疫的推动作用<sup>[18]</sup>。但同时,甲肝病例的中位年龄增加强调了继续监测甲型肝炎的重要性。

空间分布上,2009—2019 年中国病毒性肝炎空间自相关结果显示,丙肝(除 2009 年和 2019 年)和甲肝

发病呈现空间正相关性(Moran  $I$  值为  $0.13 \sim 0.66$ ,  $P < 0.05$ ),乙肝和戊肝发病主要呈现随机分布(Moran  $I$  值为  $0.01 \sim 0.31$ ,  $P > 0.05$ )。局部空间自相关结果与中国病毒性肝炎发病率的地区分布结果基本一致,2009—2019 年丙肝、乙肝的高-高区域主要集中在西部地区,表明该地区可能存在卫生环境差、居民自我保护意识不足及发生危险行为(如输血、静脉吸毒、同性恋)等问题;甲肝和戊肝都是肠道传染病,但其空间分布特征存在较大差异,甲肝的高-高区域主要集中在西部地区的新疆维吾尔自治区、西藏自治区和青海省;戊肝的高-高区域为东部沿海地区的江苏省、上海市、浙江省,这与各地经济发展状况、环境卫生状况、人群预防接种和人口流动等因素有关,因此不同省份应当针对疾病的地理特点采取不同的控制和预防方法。一方面,相邻高聚集地区实施联合防控将是关键问题。对于新疆维吾尔自治区、西藏自治区和青海省等西部地区,丙肝、乙肝和甲肝在地理分布上存在相似性,表明医疗资源提供的共同不足和监督检查机制的疏忽,因此针对多种疾病的综合反应方案对于提高疾病控制的效力至关重要<sup>[19]</sup>。另一方面,戊肝主要集中在江苏省、上海市等东部沿海地区,这与 Yu S<sup>[20]</sup> 的结论相一致。这可能与东部地区的戊肝诊断报告水平较高、食用海产品、人口流动大等因素有关。因此,沿海及其周边省份戊肝疫情需重点关注。此外,戊肝的低-低区域同样值得注意,西部地区戊肝报告发病率较低,可能是由于监测水平和监测试剂等因素被低估,因此未来还有待提高其监测的敏感性。

本研究存在一定的局限性。首先,病例资料来源于公共卫生科学数据中心,其公布的最新数据截止到 2019 年,研究结果可能存在时效性不足的问题。其次,公共数据平台尚未将丁肝发病数据作为单独分类,因此病毒性肝炎存在丁肝发病数据缺失的情况。此外,病毒性肝炎的发病率受经济、政治和检测水平等多方面水平的影响,因此部分数据发病率可能存在被低估或高估的问题,未来还需不断完善以开展进一步的分析。

**利益冲突声明** 本研究不存在任何利益冲突

### 参考文献

- [1] 魏霞. 丙型肝炎直接抗病毒药物价值评估研究[D]. 北京: 北京大学医学部, 2023.  
Wei X. Study on the evaluation of the value of direct antiviral drugs for hepatitis C [D]. Beijing: Department of Medicine, Peking University, 2021.
- [2] Lanini S, Pisapia R, Capobianchi MR, et al. Global epidemiology of viral hepatitis and national needs for complete control[J]. Expert Review of Anti-Infective Therapy, 2018, 16(8): 625-639.
- [3] Cooke GS, Andrieux-Meyer I, Applegate TL, et al. Accelerating the elimination of viral hepatitis: a Lancet Gastroenterology &

- Hepatology Commission [J]. The Lancet. Gastroenterology & Hepatology, 2019, 4(2): 135–184.
- [4] Liu J, Liang WN, Jing WZ, et al. Countdown to 2030; eliminating hepatitis B disease, China [J]. Bulletin of the World Health Organization, 2019, 97(3): 230–238.
- [5] 陈小妃. 2005—2021 年吉林省丙型肝炎时空聚集性研究[D]. 长春: 吉林大学, 2023.
- Chen XF. A study on spatial and temporal aggregation of hepatitis C in Jilin Province from 2005 to 2021 [D]. Changchun: Jilin University, 2023.
- [6] 中国疾病预防控制中心. 公共卫生科学数据中心[EB/OL]. [2024-01-02]. <https://www.phsciencedata.cn/Share/>. Chinese Centre for Disease Control and Prevention. Public health science data centre [EB/OL]. [2023-01-02]. <https://www.phsciencedata.cn/Share/>.
- [7] 国家统计局城市社会经济调查司. 中国城市统计年鉴—2019 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2020.
- The Urban Social and Economic Survey Department of the National Bureau of Statistics. China city statistical yearbook: 2019 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2020.
- [8] 国家基础地理信息中心. 天地图[EB/OL]. [2024-01-02]. <https://www.tianditu.gov.cn/>. National Geomatics Center of China. Map World[EB/OL]. [2024-01-02]. <https://www.tianditu.gov.cn/>.
- [9] Shi Y, Shen WQ, Liu WD, et al. Analysis of the spatial-temporal distribution characteristics of hepatitis E in Jiangsu province from 2005 to 2020 [J]. Front Public Health, 2023, 11: 1225261.
- [10] Zhu XX, Zhu ZX, Gu LF, et al. Spatio-temporal variation on syphilis from 2005 to 2018 in Zhejiang Province, China [J]. Front Public Health, 2022, 10: 873754.
- [11] Su X, Zheng L, Zhang HM, et al. Secular trends of acute viral hepatitis incidence and mortality in China, 1990 to 2019 and its prediction to 2030; the global burden of disease study 2019 [J]. Frontiers in Medicine, 2022, 9: 842088.
- [12] Zhao ZY, Chu MJ, Guo YC, et al. Feasibility of hepatitis C elimination in China: from epidemiology, natural history, and intervention perspectives [J]. Frontiers in Microbiology, 2022, 13: 884598.
- [13] 周紫微. 中国省域居民甲肝发病率的时空演变及影响因素分析 [D]. 乌鲁木齐: 新疆财经大学, 2021.
- Zhou ZW. Spatial and temporal evolution of hepatitis A incidence rates and factors affecting the incidence of hepatitis A in Chinese provincial residents [D]. Urumqi: Xinjiang University of Finance and Economics, 2021.
- [14] Ren X, Wu P, Wang LP, et al. Changing epidemiology of hepatitis a and hepatitis E viruses in China, 1990–2014 [J]. Emerging Infectious Diseases, 2017, 23(2): 276–279.
- [15] 叶珍珍, 成慧, 刘家虹, 等. 2016–2021 年江西省丙型肝炎流行特征和时空聚集性分析 [J]. 疾病监测, 2023, 38(3): 294–298.
- Ye ZZ, Cheng H, Liu JH, et al. Epidemiological characteristics and spatiotemporal distribution of hepatitis C in Jiangxi, 2016–2021 [J]. Disease Surveillance, 2023, 38(3): 294–298.
- [16] 中华预防医学会医院感染控制分会, 中华医学会感染病学分会, 中华预防医学会感染性疾病防控分会. 中国丙型肝炎医院感染防控指南 (2021 年版) [J]. 中国感染控制杂志, 2021, 20(6): 487–493.
- Healthcare-associated Infection Control Branch of Chinese Preventive Medicine Association, Infectious Disease Branch of Chinese Preventive Medicine Association, Infectious Disease, Prevention and Control Branch of Chinese Preventive Medicine Association. Guidelines for the prevention and control of hospital-acquired infections of viral hepatitis C in China (2021 edition) [J]. Chinese Journal of Infection Control, 2021, 20(6): 487–493.
- [17] 肖正斌, 陈恺韵, 任宏, 等. 2005—2019 年戊型肝炎季节性流行特征及时间序列分析 [J]. 上海预防医学, 2021, 33(10): 923–928.
- Xiao ZB, Chen KY, Ren H, et al. Seasonal characteristics and time series analysis of hepatitis E in Shanghai from 2005 to 2019 [J]. Shanghai Journal of Preventive Medicine, 2021, 33(10): 923–928.
- [18] Wang FZ, Sun XJ, Wang F, et al. Changing epidemiology of hepatitis a in China: evidence from three national serological surveys and the national notifiable disease reporting system [J]. Hepatology, 2021, 73(4): 1251–1260.
- [19] Zhu B, Fu Y, Liu JL, et al. Spatial distribution of 12 class B notifiable infectious diseases in China: A retrospective study [J]. PLOS One, 2018, 13(4): e0195568.
- [20] Yu SS, Rui J, Cheng XQ, et al. Hepatitis E in 24 Chinese cities, 2008–2018: A new analysis method for the disease's occupational characteristics [J]. Front Public Health, 2021, 9: 720953.

收稿日期: 2023-11-14

(上接第 582 页)

- [24] Castellano CA, Hudon C, Croteau E, et al. Links between metabolic and structural changes in the brain of cognitively normal older adults: a 4-year longitudinal follow-up [J]. Frontiers in Aging Neuroscience, 2019, 11: 15.
- [25] Achanta LB, Rae CD.  $\beta$ -Hydroxybutyrate in the brain: one molecule, multiple mechanisms [J]. Neurochemical Research, 2017, 42(1): 35–49.
- [26] Wang JH, Guo L, Wang S, et al. The potential pharmacological mechanisms of  $\beta$ -hydroxybutyrate for improving cognitive functions [J]. Current Opinion in Pharmacology, 2022, 62: 15–22.
- [27] Wang R, Holsinger RMD. Exercise-induced brain-derived neurotrophic factor expression: Therapeutic implications for Alzheimer's dementia [J]. Ageing Research Reviews, 2018, 48: 109–121.
- [28] Yin J, Nielsen M, Li S, et al. Ketones improves apolipoprotein E4-related memory deficiency via sirtuin 3 [J]. Aging, 2019, 11(13): 4579–4586.
- [29] Bae HR, Kim DH, Park MH, et al.  $\beta$ -Hydroxybutyrate suppresses inflammasome formation by ameliorating endoplasmic reticulum stress via AMPK activation [J]. Oncotarget, 2016, 7(41): 66444–66454.
- [30] Seo DO, Holtzman DM. Gut microbiota: from the forgotten organ to a potential key player in the pathology of alzheimer's disease [J]. The Journals of Gerontology. Series a, Biological Sciences and Medical Sciences, 2020, 75(7): 1232–1241.
- [31] Huang YC, Lin PY, Lee Y, et al. Serum levels of  $\beta$ -hydroxybutyrate and pyruvate, metabolic changes and cognitive function in patients with schizophrenia during antipsychotic treatment: a preliminary study [J]. Neuropsychiatric Disease and Treatment, 2018, 14: 799–808.

收稿日期: 2023-11-06