

湖北省 2020—2024 年流行性感胃流行病学特征分析

葛胜辉^{1,2}, 石玉琴¹, 张玲¹, 童叶青³

1. 武汉科技大学医学部公共卫生学院环境卫生与职业医学系, 湖北 武汉 430065;

2. 河北医科大学第二医院, 河北 石家庄 050000; 3. 湖北省疾病预防控制中心传染病预防控制所, 湖北 武汉 430079

摘要:目的 分析湖北省 2020—2024 年流行性感胃(简称流感)的流行病学特征,为后续流感防控提供科学依据。方法 基于 2020—2024 年中国疾病预防控制中心信息系统中湖北省流感患者的流行病学史、临床诊断个案数据,计数资料比较采用 χ^2 检验,分析其流行病学特征。结果 2020—2024 年湖北省共报告流感 1 050 819 例(2023 年报告流感 609 699 例,比率 58.02%),其中甲型流感 377 576 例(35.93%),乙型流感 99 676 例(比率 9.49%),副流感 840 例(比率 0.08%),甲型流感比率高于乙型流感和副流感($\chi^2=530\ 018.166, P<0.001$);2020—2024 年湖北省报告流感男性 564 464 例(比率 53.72%),女性 486 355 例(比率 46.28%),差异无统计学意义($\chi^2=5\ 806.006, P<0.001$);2020—2024 年湖北省春季、夏季、秋季和冬季分别报告流感 376 247、83 573、127 067 和 463 932 例,发病比率为冬季>春季>秋季>夏季($\chi^2=395\ 402.793, P<0.001$),不同月份发病比率差异有统计学意义($\chi^2=1\ 188\ 650.113, P<0.001$);2020—2024 年湖北省不同年龄段流感发病率差异有统计学意义($\chi^2=1\ 358\ 132.202, P<0.001$),高发年龄为 0~9 岁(549 181 例);2020—2024 年湖北省报告流感学生比率最高,为 410 818 例,其次为幼托儿童,193 027 例,不同人群发病比率差异有统计学意义($\chi^2=8\ 079\ 748.599, P<0.001$);2020—2024 年湖北省武汉市报告流感比率最高,为 368 397 例,其次为宜昌市,105 119 例,不同城市流感发病率比较差异有统计学意义($\chi^2=2\ 800\ 000.000, P<0.001$)。结论 2020—2024 年湖北省流感流行具有明显季节性,冬季和春季高发,2023 年发病最多,0~9 岁易发病,防治对象应重点关注儿童,加强对学校和托幼机构的防控力度。

关键词:湖北;流行性感胃;流行病学特征

中图分类号:R511.7;R181 文献标志码:A 文章编号:1003-8507(2025)13-2349-05

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202503219

Epidemiological characteristics of influenza in Hubei from 2020 to 2024

GE Sheng-hui*, SHI Yu-qin, ZHANG Ling, TONG Ye-qing

*Department of Environmental and Occupational Health, School of Public Health, Medical College of Wuhan University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430065, China

Abstract: Objective To analyze the epidemiological characteristics of influenza in Hubei from 2020 to 2024 and provide scientific evidence for subsequent prevention and control measures. **Methods** Using epidemiological history and clinical case data from the China CDC Information System, we analyzed influenza characteristics in Hubei during 2020 and 2024. Count data were compared using χ^2 tests. **Results** Hubei reported 1 050 819 influenza cases (609 699 cases in 2023, 58.02%), including 377 576 influenza A (35.93%), 99 676 influenza B (9.49%), and 840 parainfluenza cases (0.08%). Influenza A predominated ($\chi^2=530\ 018.166, P<0.001$). Male cases (564 464, 53.72%) slightly outnumbered females (486 355, 46.28%) ($\chi^2=5\ 806.006, P<0.001$). Seasonal distribution showed winter (463 932 cases) > spring (376 247) > autumn (127 067) > summer (83 573) ($\chi^2=395\ 402.793, P<0.001$). Children aged 0 to 9 years were most affected (549 181 cases, $\chi^2=1\ 358\ 132.202, P<0.001$). Students (410 818 cases) and kindergarten children (193 027) showed highest incidence ($\chi^2=8\ 079\ 748.599, P<0.001$). Wuhan reported most cases (368 397), followed by Yichang (105 119) ($\chi^2=2\ 800\ 000.000, P<0.001$). **Conclusion** Influenza in Hubei exhibited distinct seasonality (winter-spring peaks), with 2023 seeing highest incidence. Children under 10 remain most vulnerable, warranting focused prevention in schools and childcare settings.

Keywords: Hubei; Influenza; Epidemiological characteristics

基金项目:2024 年度公共卫生人才培养支持项目

作者简介:葛胜辉(1980—),男,硕士在读,研究方向:流行病与卫生统计学

通信作者:张玲, E-mail: zhangling@wust.edu.cn;童叶青, E-mail: 63382251@qq.com;张玲与童叶青为共同通信作者

流行性感冒(简称流感)是由流感病毒引起的一种急性呼吸道传染病^[1],主要通过飞沫传播,也可通过接触被病毒污染的物品传播^[2-4]。流感病毒属于正黏病毒科,分为甲、乙、丙和丁型,其中,甲型和乙型流感病毒是引起人类季节性流感的主要病原体。流感的临床特征包括突发咳嗽、咽痛、高热、肌肉酸痛、头痛、乏力等,部分患者可能发展为肺炎、心肌炎等严重并发症,尤其是老年人、儿童、孕妇及慢性病患者等高危人群^[5-6]。每年全球季节性流感感染人数估计在 10 亿左右,其中重症病例约 300 万~500 万,死亡人数约 29 万~65 万,流感发病率和死亡率在不同地区存在显著差异,发展中国家和医疗资源有限的地区通常负担更重^[7-8]。流感的流行病学特征表现为季节性流行,通常在冬季和春季高发,但也可能发生全球性大流行^[9-10]。我国不同地区流感的流行病学特征差异较大^[11]。本研究对 2020—2024 年湖北省流感病例的流行病学特征进行分析,为后续流感防控提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源 从中国疾病预防控制中心信息系统收集湖北省流感监测资料、临床诊断病例个案,人口学特征数据来源于湖北统计年鉴。

1.2 数据收集标准 筛选现住址为湖北省、审核日期为 2020 年 1 月 1 日—2024 年 12 月 31 日、传染病报告卡审核状态为“已终审卡”的临床诊断流感病例;年龄范围为全人群;整理报告卡信息,包括性别、年龄、时间分布、人群分布和地区分布等情况。

1.3 统计学处理 采用 SPSS 26.0 软件和 Excel 2020 对收集数据进行整理分析,计数资料采用例数和频率描述,比较采用 χ^2 检验,根据中国气象网将季节划分为四季:3—5 月为春季,6—8 月为夏季,9—11 月为秋季,12—次年 2 月为冬季。按照年龄将研究对象分为 7 个年龄段:0~9、10~19、20~29、30~39、40~49、50~59 和 ≥ 60 岁。双侧检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 流感发病概况 2020—2024 年湖北省共报告流感 1 050 819 例,其中甲型流感 377 576 例(比率 35.93%),乙型流感 99 676 例(比率 9.49%),副流感 840 例(比率 0.08%),甲型流感比率高于乙型流感和副流感($\chi^2=530 018.166, P<0.001$);2023 年流感发病例数显著高于 2020—2022 和 2024 年($\chi^2=1040 106.800, P<0.001$)。见表 1。

2.2 时间分布 2020—2024 年湖北省春季、夏季、秋季和冬季分别报告流感 376 247、83 573、127 067 和 463 932 例,发病比率为冬季>春季>秋季>夏季

($\chi^2=395 402.793, P<0.001$),2022 年夏季为全年发病高峰。2020—2024 年不同月份发病比率差异有统计学意义($\chi^2=1 188 650.113, P<0.001$)。见表 2、3。

表 1 2020—2024 年湖北省报告流感发病概况(例)

Table 1 Overview of influenza cases reported in Hubei Province

from 2020 to 2024				
年份(年)	总例数	甲型流感	乙型流感	副流感
2020	86 050	14 375	6 303	96
2021	33 174	1 941	6 254	274
2022	100 903	29 005	10 043	214
2023	609 699	257 556	36 263	201
2024	220 993	74 699	40 813	55

表 2 2020—2024 年湖北省人群流感报告病例季节分布情况(例)

Table 2 Seasonal distribution of reported influenza cases among the population in Hubei province (in cases) from 2020 to 2024

年份(年)	春季	夏季	秋季	冬季
2020	1 740	1 771	3 387	79 152
2021	4 322	5 243	10 479	13 130
2022	6 750	70 108	5 874	18 171
2023	323 279	6 378	93 171	186 871
2024	40 156	73	14 156	166 608

2.3 人群分布 2020—2024 年湖北省流感发病性别比例(男性 vs.女性)为 1.16 : 1.00(564 464 : 486 355),差异有统计学意义($\chi^2=5 806.006, P<0.001$)。2020—2024 年流感高发年龄为 0~9 岁,报告发病 549 181 例,占总报告发病例数的 52.26%,40~59 岁报告发病最少,为 74 225 例,占总报告发病例数的 7.06%,不同年龄段流感发病比率比较差异有统计学意义($\chi^2=1 358 132.202, P<0.001$)。2020—2024 年湖北省流感学生累积发病最多,为 410 818 例,占总报告发病例数的 39.10%;其次为幼托儿童,累积发病 193 027 例,占总报告发病例数的 18.37%;散居儿童的累积发病例数位居第三,为 154 617 例,占总报告发病例数的 14.71%。不同人群发病比率比较差异有统计学意义($\chi^2=8 079 748.599, P<0.001$)。见表 4、5。

2.4 地区分布 2020—2024 年湖北省报告流感病例地区分布涉及 23 个城市,56 个县(区)。武汉市累积报告发病例数最多,为 368 397 例,占总报告发病例数的 35.06%;其次为宜昌市,报告发病 105 119 例,占总报告发病例数的 10.00%;排第三位的城市为黄冈市,报告发病 90 726 例,占总报告发病例数的 8.63%;湖北省不同城市流感发病例数比较差异有统计学意义($\chi^2=2 800 000.000, P<0.001$)。见表 6。

表 3 2020—2024 年湖北省人群流感报告病例月分布情况(例)

Table 3 Monthly distribution of reported influenza cases among the population in Hubei Province from 2020 to 2024

年份(年)	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
2020	76 243	1 769	566	573	601	543	650	578	884	1 140	1 363	1 140
2021	1 050	500	783	1 442	2 097	1 954	2 005	1 284	2 153	2 699	5 627	11 580
2022	1 1136	5 895	4 670	1 134	946	8 779	50 851	10 478	1 588	1 826	2 460	1 140
2023	716	7 410	233 045	80 043	10 191	2 583	1 821	1 974	2 384	7 523	83 264	178 745
2024	13 610	61 162	40 076	27	23	31	29	43	3 024	4 699	6 433	91 836

表 4 2020—2024 年湖北省人群不同年龄组报告流感发病分布情况(例)

Table 4 Distribution of reported influenza cases among different age groups in Hubei Province from 2020 to 2024

年份(年)	0~9 岁	10~19 岁	20~29 岁	30~39 岁	40~49 岁	50~59 岁	≥60 岁
2020	54 196	14 403	5 776	4 549	1 911	1 982	3 233
2021	22 450	5 759	994	1 458	678	569	1 266
2022	62 483	11 827	5 498	6 624	3 323	3 714	7 434
2023	311 560	145 137	46 570	40 161	16 839	17 312	32 120
2024	98 492	22 947	15 023	24 600	13 255	14 642	32 034

表 5 2020—2024 年湖北省不同人群流感报告发病分布情况(例)

Table 5 Distribution of reported influenza cases among different population groups in Hubei Province from 2020 to 2024

年份(年)	保育员及保姆	不详	干部职工	餐饮食品业	工人	公共场所服务	家务及待业	海员及长途司机	教师	离退人员
2020	14	1 391	1 126	93	939	123	4 217	8	430	1 360
2021	4	304	229	29	724	12	1 062	3	169	379
2022	11	2 024	1 443	185	1 699	119	6 793	9	456	2 745
2023	77	18 714	9 799	632	7 888	2 206	38 481	45	5 664	14 326
2024	15	12 243	5 463	313	3 460	1 227	26 527	35	1 485	14 939

(续表)

年份(年)	民工	牧民	农民	其他	散居儿童	商业服务	学生	医务人员	幼托儿童	渔民
2020	102	17	5 048	484	24 584	1 357	28 046	292	16 412	7
2021	46	0	1 600	156	7 113	328	15 071	94	5 851	0
2022	154	7	8 159	836	29 563	1 624	24 219	421	20 434	2
2023	462	25	26 114	4 325	58 205	13 312	288 743	2 490	118 166	25
2024	210	17	21 255	2 833	35 152	7 679	54 739	1 237	32 164	0

表 6 2020—2024 年湖北省人群不同地市流感报告发病分布情况(例)

Table 6 Distribution of reported influenza cases among different cities' population in Hubei Province from 2020 to 2024

年份(年)	丹江口市	鄂州市	恩施市	广水市	洪湖市	黄冈市	黄石市	荆门市	荆州市	老河口市	麻城市
2020	233	904	6 128	381	761	8 065	8 263	3 665	7 435	171	536
2021	181	1 391	2 361	168	208	3 043	890	571	2 397	193	83
2022	324	2 627	5 930	303	723	13 752	8 732	1 677	7 888	430	505
2023	1 899	6 895	41 493	2 224	3 704	49 474	29 529	14 922	27 004	1 837	6 449
2024	822	2 591	7 413	610	704	16 392	6 401	9 629	12 979	494	1 811

(续表)

年份(年)	潜江市	神农架	十堰市	石首市	随州市	天门市	武汉市	仙桃市	咸宁市	襄阳市	孝感市	宜昌市
2020	1 012	69	9 353	1 897	2 169	985	20 663	1 231	3 017	2 258	2 633	4 221
2021	190	339	4 206	576	423	1 763	5 149	662	451	1 624	1 170	5 135
2022	2 780	211	5 153	3 791	921	3 763	19 614	1 601	2 553	3 550	5 092	8 983
2023	7 243	1 690	48 630	5 754	6 146	7 098	223 217	6 012	17 444	18 347	17 093	65 595
2024	2 849	177	12 214	1 057	2 892	2 416	99 754	2 455	4 634	5 779	5 735	21 185

3 讨论

流感是一种由流感病毒引起的急性呼吸道传染病,对人类健康和社会经济造成严重危害。流感病毒具有高度变异性,可能通过基因重组或突变产生新型病毒株,导致全球大流行^[12]。1918 年西班牙流感全球约 5 000 万人死亡^[13];1957 年亚洲流感全球约 100 万人死亡^[14];2009 年 H1N1 流感全球约 15 万人死亡^[15]。虽然多数流感具有自限性,但其并发症可能会对患者健康造成长期影响。

本研究结果表明,2020—2024 年湖北省共报告流感 1 050 819 例,2023 年报告流感比率(58.02%)最高,每年依次为 86 050、33 174、100 903、609 699 和 220 993 例。2009—2019 年湖北省流感疫情资料显示,流感发病例数先下降,然后上升,2009 年为 15 444 例,下降至 2010 年的 1 994 例,再上升至 2019 年的 274 611 例^[16]。2020—2022 年湖北省流感每年发病例数远低于 2019 年,与 COVID-19 疫情期间切断传染源、传播途径,在个人防护、社交距离、健康监测、疫苗接种、环境卫生、减少聚集、增强体质、信息共享和宣传教育及国际旅行防控等方面采取严格防控措施^[17-19]有关。

研究表明,不同时期流感类型发病情况与该地区温度、湿度和蒸汽压密切相关,温度和相对湿度对流感传播的影响可能很复杂,潮湿和炎热的夏天可能会促进甲型流感的患病率,但降低乙型流感的传播^[20]。2018 年 1—3 月从广州收集了 9 914 例流感患者鼻拭子,有 2 547 例(25.7%)流感病毒呈阳性,其中 312 例(3.1%)被鉴定为甲型流感,2 241 例(22.6%)被鉴定为乙型流感^[21]。本研究结果表明,2020—2024 年湖北省共报告甲型流感 377 576 例(比率 35.9%)、乙型流感 99 676 例(比率 9.49%),甲型流感 vs.乙型流感为 3.79 : 1.00。湖北省位于中国中部,属于南方地区,亚热带季风气候,夏季高温多雨,冬季温和少雨,整体气候较为温和,湿度较高^[16],明确湖北省流感类型分布及其比例可为选择接种疫苗种类提供重要依据。

在时间分布特征方面,2020—2024 年湖北省流感发病比率为冬季>春季>秋季>夏季,3 月和 12 月常出现发病高峰,9 月最低,2022 年夏季为全年发病高峰。2020—2024 年湖北省流感发病主要集中在春季和冬季,季节特征明显;2023 年流感月发病例数较其他年份显著升高,2020—2024 年不同月份发病比率有差异。

由于不同地区流感活动出现反弹,季节性分布发生变化,一些地区在夏季(非常规流感季节)出现了流感小高峰,可能与病毒传播模式变化和人群免疫功能降低^[22]有关。本研究中 2022 年湖北省夏季就出现了

全年流感高峰。

在人群分布特征方面,2020—2024 年湖北省流感发病性别比例(男性 vs.女性)为 1.16 : 1.00 (564 464 : 486 355),男性易感,与全国流感性别发病分布情况基本一致^[23]。研究表明,雌激素可能增强免疫反应,而睾酮可能抑制免疫反应,男性对流感病毒的抵抗力弱于女性^[24-25]。另外男性健康意识和预防措施不足、职业暴露风险较高、心理因素导致症状报告更频繁、进化生物学差异等^[26-28]可能也是男性流感发病高于女性的原因。本研究中 2020—2024 年湖北省流感高发年龄为 0~9 岁,40~59 岁报告发病最少;学生累积发病最多,其次为幼托儿童,散居儿童的累积发病例数位居第三。分析原因:(1)儿童和学生的免疫系统尚未完全发育,对流感病毒抵抗力较弱,易感染^[29];(2)容易通过飞沫和接触传播,学校和幼儿园是典型的群体聚集场所^[30];(3)儿童和学生卫生意识相对较弱,增加病毒传播风险^[31];(4)儿童和学生缺乏感染或免疫记忆,更易感染新变异流感病毒株^[32]。

在空间分布特征方面,2020—2024 年湖北省报告流感病例地区分布涉及 23 个城市,56 个县(区)。武汉市累积报告发病例数最多,为 368 397 例,占总报告发病例数的 35.06%;其次为宜昌市,报告发病 105 119 例,占总报告发病例数的 10.00%;排第三位的城市为黄冈市,报告发病 90 726 例,占总报告发病例数的 8.63%。受医疗资源分布、人口密度等因素影响,湖北省不同地市流感发病情况有所不同。其他地市,如宜昌、黄冈等地,流感发病率较往年也有所下降,整体发病分布情况与 2009—2019 年基本相似^[16]。

综上所述,2020—2024 年湖北省流感流行具有明显季节性,冬季和春季高发,2023 年发病最多,0~9 岁易发病,防治对象应重点关注儿童,加强对学校和托幼机构的防控力度。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

- [1] Uyeki TM, Hui DS, Zambon M, et al. Influenza[J]. *Lancet*, 2022, 400 (10353): 693-706.
- [2] Hutchinson EC, Yamauchi Y. Understanding influenza [J]. *Methods in Molecular Biology* (Clifton, N.J.), 2018, 1836: 1-21.
- [3] Ali ST, Cowling BJ. Influenza virus: tracking, predicting, and forecasting[J]. *Annual Review of Public Health*, 2021, 42: 43-57.
- [4] Langer D, Mlynarczyk DT, Długaszewska J, et al. Potential of glycyrrhizic and glycyrrhetic acids against influenza type A and B viruses: A perspective to develop new anti-influenza compounds and drug delivery systems [J]. *European Journal of Medical Chemistry*, 2023, 246: 114934.
- [5] Han SB, Rhim JW, Kang JH, et al. Clinical features and outcomes of influenza by virus type/subtype/lineage in pediatric patients [J].

- Transl Pediatr, 2021, 10(1): 54–63.
- [6] Merișescu MM, Luminos ML, Pavelescu C, et al. Clinical features and outcomes of the association of Co-infections in children with laboratory-confirmed influenza during the 2022–2023 season: a Romanian perspective[J]. *Viruses*, 2023, 15(10): 2035.
- [7] Zanobini P, Bonaccorsi G, Lorini C, et al. Global patterns of seasonal influenza activity, duration of activity and virus (sub)type circulation from 2010 to 2020 [J]. *Influenza and Other Respiratory Viruses*, 2022, 16(4): 696–706.
- [8] Chen C, Liu G, Zeng G. Influenza-related burden in China: current situation, challenges and response strategies [J]. *Chin J Public Health*, 2022, 38(11): 1494–1498.
- [9] Han AX, De jong SPJ, Russell CA. Co-evolution of immunity and seasonal influenza viruses[J]. *Nature Reviews Microbiology*, 2023, 21(12): 805–817.
- [10] Neumann G, Kawaoka Y. Seasonality of influenza and other respiratory viruses[J]. *EMBO Molecular Medicine*, 2022, 14(4): e15352.
- [11] Liao YL, Xue S, Xie YR, et al. Characterization of influenza seasonality in China, 2010–2018: Implications for seasonal influenza vaccination timing [J]. *Influenza and Other Respiratory Viruses*, 2022, 16(6): 1161–1171.
- [12] Smyk JM, Szydłowska N, Szulc W, et al. Evolution of influenza Viruses–Drug resistance, treatment options, and prospects [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2022, 23(20): 12244.
- [13] Golshani SA, Zohalinezhad ME, Amoozegar F, et al. Spanish flu in Tehran from 1918 to 1920 [J]. *Archives of Iranian Medicine*, 2022, 25(1): 71–75.
- [14] Leduc A. Grippe asiatique[J]. *Union Med Can*, 1957, 86(10): 1127–1129.(In Chinese)
- [15] Sullivan SJ, Jacobson RM, Dowdle WR, et al. 2009 H1N1 influenza [J]. *Mayo Clinic Proceedings*. Mayo Clinic, 2010, 85(1): 64–76.
- [16] Yang MM, Gong SS, Huang SQ, et al. Geographical characteristics and influencing factors of the influenza epidemic in Hubei, China, from 2009 to 2019[J]. *PLOS One*, 2023, 18(11): e0280617.
- [17] Cheng ZJ, Zhan ZQ, Xue MS, et al. Public health measures and the control of COVID–19 in China [J]. *Clinical Reviews in Allergy & Immunology*, 2023, 64(1): 1–16.
- [18] Nakamoto I, Wang S, Guo Y, et al. A QR Code–Based contact tracing framework for sustainable containment of COVID–19: evaluation of an approach to assist the return to normal activity [J]. *JMIR Mhealth Uhealth*, 2020, 8(9): e22321.
- [19] Sun Y, Luo B, Liu Y, et al. Immune damage mechanisms of COVID–19 and novel strategies in prevention and control of epidemic[J]. *Frontiers in Immunology*, 2023, 14: 1130398.
- [20] Zhou LL, Yang HP, Pan W, et al. Association between meteorological factors and the epidemics of influenza (sub)types in a subtropical basin of Southwest China[J]. *Epidemics*, 2022, 41: 100650.
- [21] Yan YQ, Ou JX, Zhao S, et al. Characterization of influenza A and B viruses circulating in southern China during the 2017–2018 season [J]. *Frontiers in Microbiology*, 2020, 11: 1079.
- [22] Roberts MG, Hickson RI, McCaw JM, et al. A simple influenza model with complicated dynamics[J]. *J Math Biol*, 2019, 78(3): 607–624.
- [23] Du M, Wang RT, Yuan J, et al. Trends and disparities in 44 National notifiable infectious diseases in China: An analysis of National surveillance data from 2010 to 2019 [J]. *Journal of Medical Virology*, 2023, 95(1): e28353.
- [24] Forsyth KS, Jiwrajka N, Lovell CD, et al. The connection between sex and immune responses[J]. *Nature Reviews Immunology*, 2024, 24(7): 487–502.
- [25] Conforti F, Pala L, Di Mitri D, et al. Sex hormones, the anticancer immune response, and therapeutic opportunities [J]. *Cancer Cell*, 2025, 43(3): 343–360.
- [26] Mitul MT, Kastenschmidt JM, Sureshchandra S, et al. Tissue-specific sex differences in pediatric and adult immune cell composition and function[J]. *Frontiers in Immunology*, 2024, 15: 1373537.
- [27] Miller RAJ, Williams AP, Kovats S. Sex chromosome complement and sex steroid signaling underlie sex differences in immunity to respiratory virus infection [J]. *Frontiers in Pharmacology*, 2023, 14: 1150282.
- [28] Kuo H, Shapiro JR, Dhakal S, et al. Sex-specific effects of age and body mass index on antibody responses to seasonal influenza vaccines in healthcare workers [J]. *Vaccine*, 2022, 40(11): 1634–1642.
- [29] Zheng KY, Zeng ZJ, Tian QW, et al. Epidemiological evidence for the effect of environmental heavy metal exposure on the immune system in children[J]. *Science of the Total Environment*, 2023, 868: 161691.
- [30] Kajume T, Mukai S, Toyota N, et al. Effectiveness of seasonal influenza vaccine in elementary and middle schools: a 10-year follow-up investigation [J]. *BMC Infectious Diseases*, 2022, 22(1): 909.
- [31] Saadaldina SA, Eldwakhly E, Alnazzawi AA, et al. Awareness and practice of oral health measures in Medina, Saudi Arabia: an observational study [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(23): 9112.
- [32] Dong YH, Wang LP, Burgner DP, et al. Infectious diseases in children and adolescents in China: analysis of National surveillance data from 2008 to 2017[J]. *BMJ (Clinical Research ed.)*, 2020, 369: m1043.

收稿日期: 2025–03–13