·流行病与统计方法·

运用调整 Serfling 回归模型估计深圳市 2015—2024 年手足口病超额发病数

卢文海[1],宋丽霞[2],陈霓璇[2],孔校杰[3],吕秋莹[2],刘婷婷[2],路滟[2],于碧鲲[1],张振[2],陈志高[2]
1.深圳市龙岗区坪地公共卫生服务中心疾控部,广东 深圳 518117;
2.深圳市疾病预防控制中心传染病防控科,广东 深圳 518055;3.深圳市福田区第三人民医院慢性病防控科

摘要:目的　运用调整 Serfling 回归模型估算深圳市 2015—2024 年各年龄组手足口病超额流行期及超额病例数,为优化手足口病防控策略和开展疾病负担评估提供科学依据。**方法**　利用 2015—2024 年深圳市手足口病周发病数,建立调整 Serfling 回归模型,分年龄组估算手足口病基线、流行阈值,判断超额流行期,计算超额发病数。**结果**　2015—2024 年深圳市累积报告手足口病 642 903 例,超额流行期主要集中于 5—7 月。全人群超额流行期共计 89 周,周平均超额病例数为 1 422 例,占实际病例数 35.11%。0～3 岁、3～6 岁、6～9 岁和>9 岁年龄组周平均超额病例数分别为 802、601、261 和 131 例,超额占比分别为 41.03%、40.36%、44.57%、46.03%。此外,0～<3 岁组超额流行期开始时间普遍早于其他年龄组,其持续时间及平均超额病例数也高于其他年龄组。**结论**　调整 Serfling 回归模型可较好的拟合深圳市手足口病发病数,6 岁以下儿童疾病负担最重,对 0～<3 岁幼儿开展监测预警可将预警关口前移。

关键词:手足口病;调整 Serfling 回归模型;超额流行期;超额病例数
中图分类号:R18　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1003-8507(2026)07-1195-07
DOI:10.20043/j.cnki.MPM.202510306

Estimating the excess incidence of hand, foot, and mouth disease in Shenzhen from 2015 to 2024 using the adjusted Serfling regression model

LU Wen-hai*, SONG Li-xia, CHEN Ni-xuan, KONG Xiao-jie, LU Qiu-ying, LIU Ting-ting, LU Yan, YU Bi-kun, ZHANG Zhen, CHEN Zhi-gao
Department of Disease Control, Pingdi Public Health Service Center, Longgang District, Shenzhen, Guangdong 518117, China

Abstract: Objective To use the adjusted Serfling regression model to estimate the excess epidemic periods and excess case numbers of hand, foot, and mouth disease in various age groups in Shenzhen from 2015 to 2024, providing a scientific basis for optimizing prevention and control strategies and conducting disease burden assessments. **Methods** Using the weekly incidence of hand, foot, and mouth disease in Shenzhen from 2015 to 2024, an adjusted Serfling regression model was established to estimate the baseline and epidemic threshold of the disease by age group, identify periods of excess epidemic, and calculate the number of excess cases. **Results** From 2015 to 2024, a total of 642 903 cases of hand, foot, and mouth disease (HFMD) were reported in Shenzhen. The periods of excess incidence were predominantly concentrated between May and July. Across the entire population, these excess-incidence periods spanned a total of 89 weeks, with a weekly average of 1 422 excess cases, accounting for 35.11% of all reported cases. By age group, the weekly average numbers of excess cases were 802, 601, 261, and 131 for the 0-3 year, 3-6 year, 6-9 year, and >9 year groups, respectively. The corresponding proportions of excess cases relative to total cases in each group were 41.03%, 40.36%, 44.57%, and 46.03%, respectively. Furthermore, the 0-3 year age group consistently experienced an earlier onset of excess-incidence periods compared to other age groups, and both the duration of these periods and the average number of weekly excess cases were higher in this group than in all others. **Conclusion** The adjusted Serfling regression model provided a good fit for the incidence of hand, foot, and mouth disease in Shenzhen. Children under 6 years of age bore the highest disease burden, and implementing surveillance and early warning systems specifically targeting children aged 0-3 years could effectively shift the early warning threshold forward.

Keywords: Hand, foot, and mouth disease; Adjusted Serfling regression model; Excess epidemic period; Excess cases

基金项目:深圳市科技计划资助(JCYJ20250604174508011)
作者简介:卢文海(1994—),男,硕士,主管医师,研究方向:传染病流行病学;宋丽霞(1993—),女,本科,主管医师,研究方向:传染病流行病学;卢文海与宋丽霞为共同第一作者
通信作者:陈志高,E-mail: 289210635@qq.com

手足口病(hand, foot and mouth disease)是一种由多种肠道病毒引起的急性传染病,5 岁以下儿童高发。该病传染性强、传播途径多样,易在托幼机构、学校等场所引起暴发流行[1],其不仅对儿童健康构成威胁,也给家庭和社会带来了严重的经济负担[2]。

在传染病流行病学研究中,“超额发病数”是指在特定时间段内,实际观察到的病例数超出基于历史基线预期的正常波动范围的部分。该指标能够客观量化疫情的真实强度与异常程度,是评估疾病负担、识别异常信号、开展早期预警以及评价干预措施效果的核心指标。Serfling 回归模型是估算超额发病的经典统计方法,通过拟合历史非流行期数据建立基线阈值,从而识别流行期。然而,传统 Serfling 模型依赖人工界定“非流行期”,易引入主观偏差。调整 Serfling 回归模型是传统 Serfling 回归模型的优化,其采用迭代回归方法自动识别并剔除“流行期”,避免人工干预带来的偏差,极大的提升了模型的灵敏度与特异度[3]。

目前关于 Serfling 回归模型估算手足口病超额发病及超额流行期的研究较少,且多数仅针对总体或某特定人群的研究[4-6],系统分析比较各年龄段超额情况研究尚未见报告。为此,本研究基于深圳市 2015—2024 年手足口病周发病数据,运用调整 Serfling 回归模型对不同年龄段人群的超额流行期及超额发病数进行估算,为制定分龄化、精细化的手足口病防控策略及科学评估其疾病负担提供实证依据。

1　资料与方法

1.1　数据来源　深圳市 2015—2024 年手足口病发病数据来源中国疾病预防控制信息系统,发病时间为 2015 年 1 月 1 日—2024 年 12 月 31 日。人口数据来源深圳市统计局。

1.2　分析方法

1.2.1　调整 Serfling 回归模型　Serfling 回归是由 Serfling[7]于 1963 年提出的一种用于估计季节性疾病超额死亡率的统计方法,常用于流感超额负担研究[8-9]。然而,传统 Serfling 回归模型在拟合过程中需要手动排除已知流行期的数据。为解决这一局限,Wang 等人[3]于 2015 年提出了调整 Serfling 回归模型。该模型采用迭代回归策略进行优化,能够自动识别流行期并剔除相应数据,模型表达式如下:

$$Y_t=\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2+\beta_3\sin(2\pi t/52.18)+\beta_4\cos(2\pi t/52.18)+\beta_5\sin(2\pi t/26.09)+\beta_6\cos(2\pi t/26.09)+\varepsilon_t$$

式中 Y_t 为第 t 周手足口病周发病数,t 为手足口病周次(t=2015-01、2015-02……2024-52),β_0 为截距,β_1 ~ β_6 为模型各项系数,ε_t 为误差项。模型中纳入二次时间项($\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2$)以拟合长期趋势,该设定已被多项流感[3]及手足口病[4,6]相关研究证实能有效捕捉疾病的长期变化趋势。考虑到深圳市手足口病呈现明显的季节性双高峰特征[10],模型中纳入 $\beta_3\sin(2\pi t/52.18)+\beta_4\cos(2\pi t/52.18)+\beta_5\sin(2\pi t/26.09)+\beta_6\cos(2\pi t/26.09)$两对正弦和余弦项以分别拟合年周期和半年周期。其具体实现步骤为:首先,使用全部手足口病周发病数据完成初次模型拟合;随后,将实际发病数大于拟合值的周次数据剔除,剩余数据用于第二次建模。第二次拟合后,将实际值超出其 95%预测上限的数据点剔除,剩余数据进入第三次建模。此后的迭代过程均遵循第二次的剔除规则(即剔除超出 95%预测上限的数据),直至模型的决定系数(R^2)不再升高为止。值最大时对应的回归模型为本次拟合的模型,其拟合 R^2 值及 95%预测分别为疾病的基线病例值及流行阈值。

1.2.2　相关定义　超额流行期定义为手足口病周发病数大于流行阈值且持续时间超过 3 周、间隔不超过 1 周的时期[4]。超额发病数为超额流行期内实际发病数与基线病例值的差值。平均超额病例数为超额流行期内超额发病数的均值。超额占比为超额病例数与实际病例数之比。本文新冠肺炎疫情期间指 2020—2022 年。在本研究中,年龄作为关键的分层分析变量,本文依据儿童进入不同教育阶段的标志性年龄节点进行划分,以更精准地匹配其对应的暴露环境与防控场景。具体分组如下:0 ~ <3 岁(以散居或托育儿童为主)、3 ~ <6 岁(以托幼儿童为主)、6 ~ 9 岁(以小学低年级学生为主)、>9 岁(小学高年级及以上人群)。

1.3　统计分析　所有数据处理、统计分析及绘图均在 R 4.2.1 软件中进行。模型整体检验采用方差分析,回归系数采用 t 检验,采用 Mann-Kendall 检验对手足口病的发病率进行趋势性检验,检验水准 α=0.05。

2　结　果

2.1　基本概况　2015—2024 年深圳市累积报告 642 903 例手足口病病例,其中 0 ~ <3 岁 299 427 例(56.68%)、3 ~ <6 岁 167 999 例(31.80%)、6 ~ 9 岁 40 757(7.72%)、>9 岁 20 084 例(3.80%)。周发病率在 0.006/10 万(2020 年第 7 周) ~ 56.657/10 万(2023 年第 24 周)之间,主要呈 5—7 月、9—10 月双峰流行趋势,见图 1。年均发病率为 351.015/10 万,Mann-Kendall 趋势性检验显示,2014—2024 年深圳市手足口病年发病率呈现下降趋势,差异具有统计学意义(P=0.049),去除新冠肺炎疫情期间数据后,差异无统计学意义(P=0.072)。

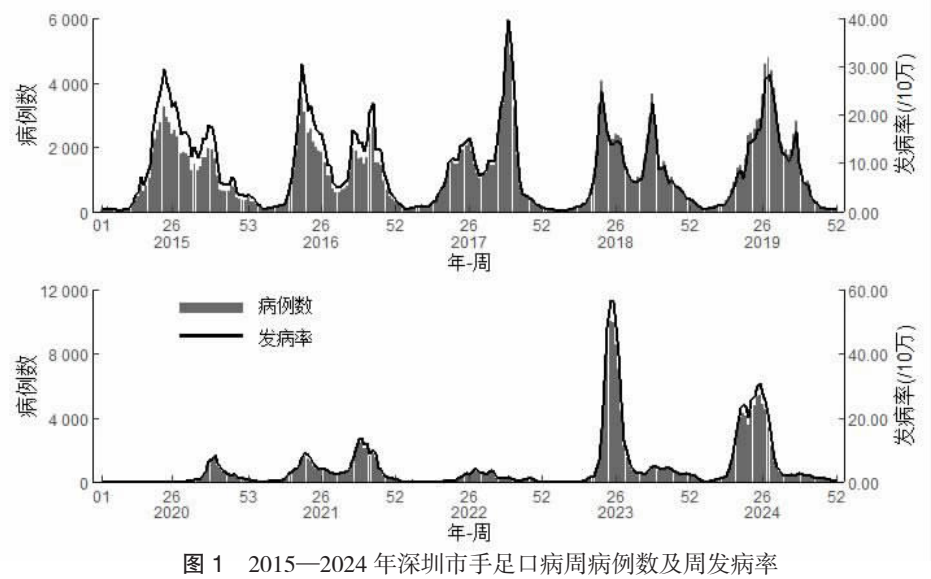


图 1　2015—2024 年深圳市手足口病周病例数及周发病率

Figure 1　Weekly HFMD case numbers and weekly incidence rates in Shenzhen from 2015 to 2024

2.2　新冠肺炎疫情对调整的 Serfling 回归模型的影响　以 2015—2024 年周次为自变量，使用调整的 Serfling 回归模型对手足口病周发病情况进行拟合，经 2 次 Serfling 回归模型拟合，最大为 0.539（此时模型 F=77.745，P<0.001），拟合效果较差。删除新冠肺炎疫情期手足口病数据后，再次拟合，结果显示经 2 次 Serfling 回归模型拟合，最大为 0.806（此时模型 F=190.078，P<0.001），拟合效果较好。因此选择删除新冠肺炎疫情期数据的模型作为最终模型，此时模型剔除观察值 82 个（占 22.47%），模型拟合结果见表 1，拟合曲线及流行阈值见图 2。

2.3　各年龄组调整 Serfling 回归模型　应用调整 Serfling 回归模型分别对深圳市 2015—2024 年（不含新冠肺炎疫情期间数据）手足口病 0～<3 岁、3～<6 岁、6～9 岁、>9 岁人群发病情况进行拟合，结果显示各组年龄组模型均在第 2 次拟合出现最大，分别为 0.834、0.738、0.724、0.628，各模型整体检验均具有统计学意义（P<0.001）。各模型回归系数检验见表 1。

表 1　2015—2024 年深圳市手足口病周病例数调整 Serfling 回归模型拟合结果

Table 1　Fitting results of the Serfling regression model for the adjusted weekly HFMD case numbers in Shenzhen from 2015 to 2024

模型 / 变量	截距项	t	t^2	$\sin(\frac{2\pi t}{52.18})$	$\cos(\frac{2\pi t}{52.18})$	$\sin(\frac{2\pi t}{26.09})$	$\cos(\frac{2\pi t}{26.09})$
全人群							
系数	913.320	−0.097	−0.002	−153.532	−749.819	−250.086	336.104
标准误	52.486	0.675	0.002	28.413	26.747	25.376	27.974
t 值	17.401	−0.144	−1.263	−5.404	−28.034	−9.855	12.015
P 值	<0.001	0.886	0.208	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
0～<3 岁							
系数	399.281	0.659	−0.003	−96.504	−354.237	−64.234	158.466
标准误	24.073	0.295	0.001	12.945	12.364	10.884	12.737
t 值	16.586	2.235	−4.44	−7.455	−28.651	−5.902	12.441
P 值	<0.001	0.026	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
3～<6 岁							
系数	228.913	0.321	−0.001	−13.370	−189.839	−126.604	89.623
标准误	16.529	0.213	0.001	8.769	8.513	8.152	8.725
t 值	13.849	1.508	−1.633	−1.525	−22.299	−15.531	10.272
P 值	<0.001	0.133	0.104	0.128	<0.001	<0.001	<0.001
6～9 岁							
系数	31.638	−0.003	<0.001	−4.463	−33.916	−13.928	15.179
标准误	2.687	0.035	<0.001	1.367	1.456	1.352	1.435
t 值	11.775	−0.088	2.42	−3.265	−23.291	−10.302	10.577
P 值	<0.001	0.930	0.016	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
>9 岁							
系数	13.367	0.063	<0.001	−9.024	−17.863	−6.500	7.449
标准误	2.236	0.028	<0.001	1.066	1.058	1.023	1.055
t 值	5.977	2.25	0.066	−8.463	−16.877	−6.354	7.063
P 值	<0.001	0.025	0.947	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注：不含 2020—2022 年数据。

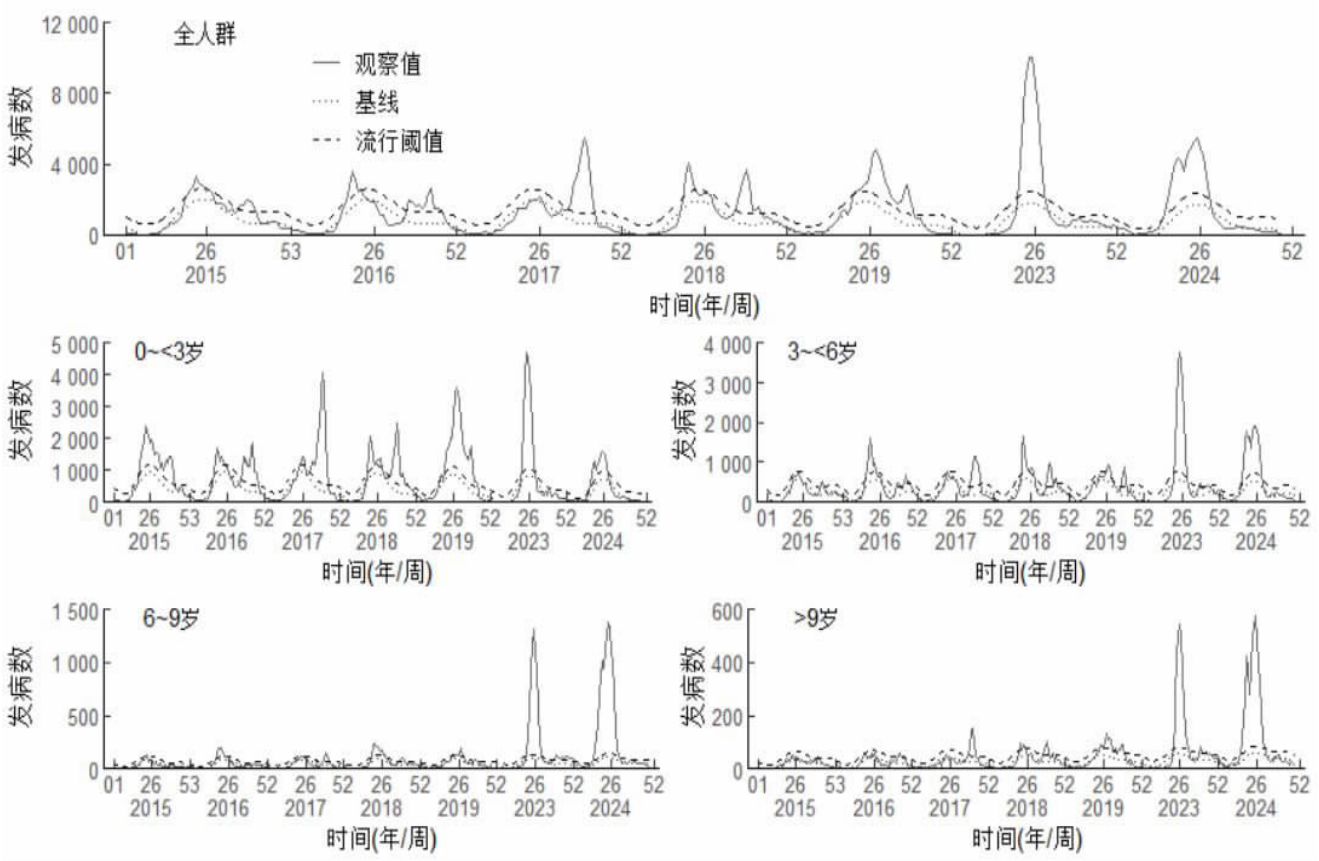


图 2　2015—2024 年深圳市手足口病各组人群调整 Serfling 回归模型实际值、基线、流行阈值

Figure 2　Actual values, baselines, and epidemic thresholds of the Serfling regression model for different population groups of HFMD in Shenzhen from 2015 to 2024

2.4　*超额流行期及超额病例数估计*　经调整 Serfling 回归模型判断，2015—2024 年（不含新冠肺炎疫情期间数据）深圳市全人群手足口病超额流行期共计 89 周，占全部周数的 24.38%。所有年份在 5—7 月均存在超额流行期，其中 2015、2016 和 2018 年在 9—10 月也存在超额流行期。超额流行期内平均超额病例数为 1 422 例，占实际病例数 35.11%，其中 2023 年平均超额病例数远高于其他年份。见表 2。

各年龄组超额流行期内，0～<3 岁组和 3～<6 岁组平均超额病例数分别为 802 和 601 例，高于 6～9 岁组的 261 例和>9 岁组的 131 例。而 0～<3 岁组和 3～<6 岁组超额流行期占比分别为 41.03%、40.36%，低于 6～9 岁组的 44.57%和>9 岁组的 46.03%。各年龄组中，0～<3 岁组的超额流行期持续时间最长，为 127 周，而>9 岁组最短，为 55 周。所有年龄组的流行期多集中在 5—7 月，且 0～<3 岁组的起始时间普遍早于其他组。

3　讨　论

本研究首次运用调整 Serfling 回归模型全面估计了深圳市 2015—2024 年各年龄组手足口病的超额流行期及超额病例数。2015—2024 年深圳市共报告手足口病 642 903 例，其中 6 岁以下儿童约占 90%，在我国该年龄段儿童多为散居或托幼（育）儿童，其免疫系统尚未发育成熟、抵抗力较弱，且托幼（育）园中密切接触频繁，易导致病毒快速传播。此外，不良卫生习惯及被病毒污染的环境可能进一步增加了手足口病感染风险[11]。流行病学特征分析显示深圳市手足口病发病率呈现 5—7 月、9—10 月双峰流行趋势，与广州、柳州等南方城市流行趋势一致[12-13]，这可能与亚热带季风气候特征及学校学期相关。深圳市四季具有“长夏短冬”的特点，每年 5—10 月为深圳夏季，平均温度达 27.4℃[14]，温暖湿润的环境有利于肠道病毒在外环境中长期存活和传播[15]；同时，开学季返园返校后人群聚集，加剧传播风险。上述特征提示，深圳市手足口病防控应强化季节性预警，并聚焦 6 岁以下儿童及其主要活动场所。

未去除新冠肺炎疫情期间数据前，深圳市手足口病发病率总体呈下降趋势，与全国手足口病发病趋势一致[16]，但去除新冠肺炎疫情期间数据后，下降趋势无统计学意义，提示新冠肺炎疫情对深圳市手足口病发病率存在较大的影响，同时表明手足口病依然是深圳市传染病防控的重点。

表 2　2015—2024 年深圳市手足口病各年龄组人群超额流行情况

Table 2　Excess epidemic conditions of HFMD among different age groups in Shenzhen from 2015 to 2024

年龄组(岁)	年份(年)	流行周(周)	持续时(周)	平均超额病例数(95%*CI*)	超额占比(%,95%*CI*)
总人群	2015	21～25	5	303(20～587)	10.17(2.01～18.32)
	2015	37～41	5	419(187～651)	23.03(12.77～33.29)
	2016	17～20,22	5	559(0～1 243)	17.73(0～37.54)
	2016	37～47	11	492(234～749)	24.71(15.78～33.63)
	2017	36～43	8	2 248(1 053～3 442)	56.77(39.62～73.92)
	2018	20～23	4	957(0～1 944)	26.85(3.33～50.37)
	2018	36～43	8	975(250～1 700)	36.45(17.91～54.99)
	2019	21～39	19	936(558～1 314)	29.34(20.87～37.81)
	2023	21～29	9	4 303(2 125～6 481)	56.02(37.22～74.82)
	2024	15～29	15	1 905(1 386～2 425)	45.59(36.91～54.26)
	合计	—	89	1 422(1 084～1 760)	35.11(30.57～39.65)
0～<3	2015	19～42	24	628(515～741)	40.03(35.44～44.63)
	2016	17～24	8	324(112～536)	22.76(10.32～35.21)
	2016	36～47	12	647(448～845)	50.21(42.69～57.73)
	2017	24～27	4	156(0～332)	11.27(0～23.47)
	2017	32～43	12	1 417(669～2 165)	57.46(41.54～73.38)
	2018	20～23,25～28	8	433(130～737)	25.54(11.24～39.83)
	2018	34～46	13	588(214～961)	39.13(24.07～54.19)
	2019	17～18,20～42	25	938(624～1 252)	45.03(36.71～53.34)
	2023	21～29	9	2 103(1 106～3 101)	60.05(43.85～76.25)
	2024	16～29	14	388(270～506)	30.95(23.212～38.695)
	合计	—	127	802(662～941)	41.03(37.40～44.66)
3～<6	2016	16～23	8	337(84～591)	27.94(12.26～43.63)
	2016	42～47	6	100(0～200)	16.55(2.11～30.98)
	2017	37～43	7	512(301～723)	53.19(39.02～67.37)
	2018	19～28	10	287(86～487)	23.96(12.37～35.55)
	2018	37～40,42～43	6	324(111～538)	41.44(23.31～59.57)
	2019	26～29	4	144(0～316)	16.70(0～34.19)
	2019	36～39	4	292(0～589)	40.77(15.62～65.92)
	2023	21～28	8	1 871(1 068～2 674)	67.42(55.44～79.40)
	2024	15～29	15	831(641～1 021)	52.80(45.33～60.27)
	合计	—	68	601(443～759)	40.36(35.02～45.71)
6～9	2016	18～22	5	64(35～94)	36.66(25.38～47.93)
	2017	38～42	5	39(0～78)	34.52(8.76～60.28)
	2018	19～28	10	60(33～86)	30.69(19.89～41.49)
	2018	37～41	5	19(2～37)	21.92(4.88～38.97)
	2019	24～25,27～29	5	27(0～63)	16.42(0～34.51)
	2023	20～30	11	545(258～831)	66.69(47.34～86.05)
	2023	38～52	15	27(21～33)	25.58(21.51～29.66)
	2024	13～31	19	622(419～825)	72.14(59.46～84.82)
	合计	—	75	261(174～348)	44.57(37.92～51.21)
>9	2017	38～43	6	47(2～92)	39.77 (12.08～67.47)
	2018	38～41	4	27(0～53)	31.80(9.72～53.87)
	2019	24～32,34～39	15	21(12～31)	21.70(13.64～29.75)
	2023	21～32	12	206(96～317)	57.73(39.29～76.17)
	2024	15～31	17	237(155～319)	64.81(51.67～77.95)
	合计	—	55	131(89～173)	46.03(38.14～53.93)

注:—表示合计行不适用。

我们对深圳市全人群与各年龄组人群均进行了调整 Serfling 回归模型拟合以精准评估手足口病超额流行情况。结果显示除>9 岁组外，其他各组人群均在 0.7 以上，其中全人群、0～<3 岁组模型均在 0.8 以上，高于董帅兵等[4]对北京市、周慧娴等[6]对重庆市九坡区手足口病的研究结果，表明调整 Serfling 回归模型在深圳市手足口病超额病例数估计中具有良好的适用性。调整 Serfling 回归模型适用于具有季节性和周期性波动数据[17]，且通常要求数据至少有 5 年以上的数据[18]，以保证模型的稳健性。尽管本研究纳入了 7 年数据并剔除了异常年份的干扰，但>9 岁组病例数较少，导致较多周次出现缺失值，可能对基线拟合精度带来一定影响。

本研究发现 2015—2024 年深圳市全人群手足口病每年均存在超额流行期，主要集中在 5—7 月，部分年份 9—10 月也存在超额流行期，这与深圳市手足口病流行高峰相符[10]。该发现提示了手足口病防控的关键时间窗口，建议于每年 4 月底和 8 月底前启动两轮预警干预，推动防控策略从被动应对向主动预防转变。2015—2019 年深圳市超额流行期及平均超额病例数均高于北京市[4]，提示深圳市手足口病的传播风险与疾病负担可能较北京市更为严峻。这可能与南北气候条件、病原体型别等影响因素有关[19-20]。此外，0～<3 岁组与 3～<6 岁组平均超额病例数高于 6～9 岁和>9 岁组，但超额占比低于 6～9 岁和>9 岁组，提示 6 岁以下儿童手足口病不仅基线流行水平高，且超额病例数多，应继续作为防控核心人群。在中国 0～6 岁幼儿多为散居儿童或幼托（育）儿童，研究显示此部分人群照料者存在手足口病知识知晓率不足或态度水平低下问题[21-23]，因此针对此部分人群的健康教育可能有效降低手足口病疾病负担。值得注意的是，0～<3 岁组超额流行期的开始时间早于其他年龄组、持续时间较长，且该年龄组构成手足口病的主要患病人群。这可能与该年龄段儿童免疫系统尚未发育成熟、对手足口病病原体缺乏特异性免疫力有关，因此更易感染。此外，该年龄组的调整 Serfling 回归模型拟合效果最佳，表明其流行曲线规律性强、噪声少，可作为手足口病早期预警的敏感指标人群，通过优先监测 0～<3 岁儿童的发病动态，有望实现对全市流行期的更早、更准确识别。

本研究存在一定局限性。首先，部分手足口病早期症状与疱疹性咽峡炎相似，易导致漏诊或临床误判，这可能影响数据的准确性；其次，本研究纳入的手足口病病例多为临床诊断病例，缺乏肠道病毒病原分型信息，无法按病毒类型估算超额病例；最后，调整 Serfling 回归模型采用二次多项式拟合疾病长期趋势项，但可能仍无法有效捕捉手足口病复杂的流行趋势，未来可探索与其他机器学习算法的结合，考虑经济水平、人口、气象因素等外部协变量的影响，进一步提升模型的性能。

综上所述，运用调整 Serfling 回归模型估算深圳市手足口病超额流行期和超额病例数具有较好的效果，可为开展手足口病疾病负担研究奠定基础，同时也能为优化区域手足口病针对性防控策略、完善多维度监测预警体系提供科学且具实操性的新思路。

利益冲突声明　本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] 张儒豪，光旭，何逸飞，等. 2013-2022 年广东省深圳市手足口病流行特征和病原学分析 [J]. 疾病监测，2024，39（10）：1263-1269.
Zhang RH, Guang X, He YF, et al. Epidemiological and etiological characteristics of hand, foot and mouth disease in Shenzhen, Guangdong Province, China, 2013-2022 [J]. Disease Surveillance, 2024, 39(10): 1263-1269.(In Chinese)

[2] Shen Y, Li S, Huo D, et al. Economic burden of hand, foot, and mouth Disease-Beijing municipality, China, 2016-2019 [J]. China CDC Wkly, 2023, 5(43): 953-957.

[3] Wang X, Wu S, MacIntyre CR, et al. Using an adjusted Serfling regression model to improve the early warning at the arrival of peak timing of influenza in Beijing[J]. PLOS One, 2015, 10(3): e119923.

[4] 董帅兵，汪睿彤，霍达，等. 应用调整 Serfling 回归模型估计北京市手足口病超额病例数 [J]. 上海预防医学，2025，37（3）：206-209.
Dong SB, Wang RT, Huo D, et al. Estimating excess cases of hand, foot and mouth disease in Beijing using an adjusted Serfling regression model[J]. Shanghai Journal of Preventive Medicine, 2025, 37(3): 206-209.(In Chinese)

[5] 马仲慧，魏柯雯，郭新慧，等. 2010-2019 年北京市房山区 5 岁及以下儿童手足口病流行期和超额发病数的估计[J]. 预防医学情报杂志，2022，38（3）：337-341.
Ma ZH, Wei KW, Guo XH, et al. Estimation of epidemic periods and excess cases of hand, foot and mouth disease among children aged ≤ 5 years in Fangshan District, Beijing, 2010-2019 [J]. Journal of Preventive Medicine Information, 2022, 38(3): 337-341.(In Chinese)

[6] 周慧娴，邓春燕，李闰冰，等. 2010-2023 年重庆市九龙坡区手足口病流行趋势及超额发病数估计[J]. 职业与健康，2025，41（16）：2245-2249.
Zhou HX, Deng CY, Li RB, et al. Epidemiological trends and estimation of excess cases of hand, foot and mouth disease in Jiulongpo District, Chongqing, 2010-2023 [J]. Occupation and Health, 2025, 41(16): 2245-2249.(In Chinese)

[7] Serfling RE. Methods for current statistical analysis of excess pneumonia-influenza deaths[J]. Public Health Reports, 1963, 78(6): 494-506.

[8] 石瑀，黄灵，杨艳，等. 2019-2021 年桂北地区流感流行季节期间超额死亡分析[J]. 现代预防医学，2023，50（15）：2839-2843.

Shi Y, Huang L, Yang Y, et al. Analysis of excess mortality during influenza epidemic seasons in northern Guangxi, 2019–2021 [J]. Modern Preventive Medicine, 2023, 50(15): 2839–2843.(In Chinese)

[9] Dahal S, Banda JM, Bento AI, et al. Characterizing all–cause excess mortality patterns during COVID–19 pandemic in Mexico [J]. BMC Infectious Diseases, 2021, 21(1): 432.

[10] 宋丽霞,卢文海,张振,等. 2011–2023 年深圳市其他感染性腹泻时间分布特征 [J]. 中华流行病学杂志,2025,46(9):1610–1616.
Song LX, Lu WH, Zhang Z, et al. Temporal distribution characteristics of other infectious diarrhea in Shenzhen, 2011–2023 [J]. Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi, 2025, 46 (9): 1610–1616.(In Chinese)

[11] Laor P, Apidechkul T, Khunthason S, et al. Association of environmental factors and high HFMD occurrence in northern Thailand[J]. BMC Public Health, 2020, 20(1): 1829.

[12] Liu J, Wang H, Zhong S, et al. Spatiotemporal changes and influencing factors of hand,foot,and mouth disease in Guangzhou, China, from 2013 to 2022: retrospective analysis [J]. JMIR Public Health Surveill, 2024, 10: e58821.

[13] 周婉婉,陈蔚恩,梁忠福,等. 2014–2018 年广西柳州市手足口病流行病学特征及病原学监测分析 [J]. 疾病监测,2022,37(5):603–608.
Zhou WW, Chen WE, Liang ZF, et al. Epidemiological characteristics and etiological surveillance of hand, foot and mouth disease in Liuzhou, Guangxi, 2014–2018 [J]. Disease Surveillance, 2022, 37(5): 603–608.(In Chinese)

[14] 深圳市气象局. 深圳市气候概况及四季特征[EB/OL]. [2026–02–26]. https://weather.sz.gov.cn/qixiangfuwu/qihoufuwu/qihouguanceyupinggu/qihougaikuang/mindex.html.
Shenzhen Meteorological Bureau. Climate overview and seasonal characteristics of Shenzhen[EB/OL]. [2026–02–26]. https://weather.sz.gov.cn/qixiangfuwu/qihoufuwu/qihouguanceyupinggu/qihougaikuang/mindex.html.(In Chinese)

[15] Zhang R, Lin Z, Guo Z, et al. Daily mean temperature and HFMD: risk assessment and attributable fraction identification in Ningbo China [J]. Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology, 2021, 31(4): 664–671.

[16] 田雪莹,金柏君,师悦,等. 2013–2022 年中国肠道传染病流行特征分析[J]. 中华流行病学杂志,2025,46(5):776–783.
Tian XY, Jin BJ, Shi Y, et al. Analysis of epidemiological characteristics of intestinal infectious diseases in China, 2013–2022 [J]. Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi, 2025, 46 (5): 776–783.(In Chinese)

[17] Serfling RE, Sherman IL, Houseworth WJ. Excess pneumonia–influenza mortality by age and sex in three major influenza A2 epidemics, United States,1957–58,1960 and 1963 [J]. American Journal of Epidemiology, 1967, 86(2): 433–441.

[18] Khajehkazemi R, Baneshi MR, Iuliano AD, et al. Estimated mortality due to seasonal influenza in southeast of Iran,2006/2007 to 2011/2012 influenza seasons [J]. Influenza and Other Respiratory Viruses, 2023, 17(1): e13061.

[19] Wang L, Xu C, Wang J, et al. Spatiotemporal associations between hand, foot and mouth disease and meteorological factors over multiple climate zones [J]. International Journal of Biometeorology, 2023, 67 (9): 1493–1504.

[20] Yang F, Ma Y, Liu F, et al.Short–term effects of rainfall on childhood hand,foot and mouth disease and related spatial heterogeneity: evidence from 143 cities in mainland China [J]. BMC Public Health, 2020, 20(1): 1528.

[21] Charoensiwarak k KNP, control practices of hand. Foot, and mouth disease and related factors among teachers and child caregivers in childcare centres in phitsanulok province: a cross–sectional study[J]. BMC Public Health, 2025, 25(1): 1236.

[22] Wang m x PJTK, Practices OH. Foot, and mouth disease prevention strategies amongst parents and educators of children under 5 years amidst COVID–19 pandemic: a cross–sectional study [J]. Front Public Health, 2022, 10: 908004.

[23] Liu J, Wang H, Luo H, et al. Knowledge, attitudes, and practices status among caregivers of infants and toddlers towards hand, foot and mouth disease: a cross–sectional study [J]. BMC Public Health, 2024, 24(1): 3339.

收稿日期:2025–10–20

(上接第 1158 页)

patients with type 2 diabetes in an affluent Gulf country: a cross–sectional study[J]. BMJ Open, 2023, 13(2): e069489.

[22] Powell–Wiley TM, Baumer Y, Baah FO, et al. Social determinants of cardiovascular disease [J]. Circulation Research, 2022, 130 (5): 782–799.

[23] Shahid R, Shoker M, Chu LM, et al. Impact of low health literacy on patients' health outcomes:a multicenter cohort study [J]. BMC Health Services Research, 2022, 22(1): 1148.

[24] Du YR, Liu L, Zhao Y, et al. Ethnic disparities in prevalence of chronic non–communicable diseases and its multimorbidity among older adults in rural southwest China [J]. BMC Public Health, 2023, 23(1): 1217.

收稿日期:2025–11–03