

## 食源性疾病

## 基于圆形分布法的中国大陆食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件时间分布特征分析

王同瑜<sup>1</sup>, 郭云昌<sup>2</sup>, 吴阳博<sup>1</sup>, 张晓红<sup>3</sup>, 陈莉莉<sup>4</sup>, 段红波<sup>5</sup>, 计融<sup>2</sup>, 李宁<sup>2</sup>, 马晓晨<sup>1</sup>, 付萍<sup>2</sup>

(1. 北京市疾病预防控制中心, 北京 100013; 2. 国家食品安全风险评估中心, 北京 100022;  
3. 山西省疾病预防控制中心, 山西太原 030012; 4. 浙江省疾病预防控制中心, 浙江杭州 310051;  
5. 湖南省疾病预防控制中心, 湖南长沙 410005)

**摘要:**目的 分析2010—2020年中国大陆食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件的季节特征,为减少食源性暴发事件的发生及针对性地开展防治措施提供科学依据。方法 收集整理2010—2020年国家食源性疾病暴发监测系统中调查确定致病因子为致泻大肠埃希氏菌的食源性疾病暴发事件监测资料,采用圆形分布法分析食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件的季节特征和月份分布规律。结果 2010—2020年中国大陆累计报告食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件349起,暴发事件发生高峰期为5~9月(74.50%,260/349),事件分布存在季节聚集性,平均发病高峰时点为7月10日,平均流行高峰期为4月24日至9月25日。结论 中国大陆食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件存在明显季节性趋势,发病高峰期在夏秋季节,需在发病高峰期来临前提早采取有效防控措施。

**关键词:**圆形分布法;食源性疾病;致泻大肠埃希氏菌;暴发事件

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2022)05-1048-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2022.05.029

**Analysis of seasonal characteristics of foodborne diarrheagenic *Escherichia coli* outbreaks based on circular distribution method in China's Mainland**

WANG Tongyu<sup>1</sup>, GUO Yunchang<sup>2</sup>, WU Yangbo<sup>1</sup>, ZHANG Xiaohong<sup>3</sup>, CHEN Lili<sup>4</sup>, DUAN Hongbo<sup>5</sup>, JI Rong<sup>2</sup>, LI Ning<sup>2</sup>, MA Xiaochen<sup>1</sup>, FU Ping<sup>2</sup>

(1. Beijing Center for Disease Prevention and Control, Beijing 100013, China; 2. China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China; 3. Shanxi Provincial Center for Disease Control and Prevention, Shanxi Taiyuan 030012, China; 4. Zhejiang Provincial Center for Disease Control and Prevention, Zhejiang Hangzhou 310051, China; 5. Hunan Provincial Center for Disease Control and Prevention, Hu'nan Changsha 410005, China)

**Abstract: Objective** To provide scientific basis for preventing foodborne outbreaks and carrying out targeted prevention and control measures, the seasonal characteristics of foodborne diarrheagenic *Escherichia coli* outbreaks in China's Mainland from 2010 to 2020 was analyzed. **Methods** Circular distribution method was used to analyze the data about diarrheagenic *Escherichia coli* outbreaks which was collected by Foodborne Disease Outbreaks Surveillance System from 2010 to 2020. **Results** From 2010 to 2020, a total of 349 foodborne diarrheagenic *Escherichia coli* outbreaks were reported in China's Mainland. Generally, the peak of *Escherichia coli* outbreaks was from May to September (74.50%, 260/349), and there was a significant centralized trend in event distribution, with the peak day on July 10. The epidemic peak period was from April 24 to September 25. **Conclusion** There is an obvious seasonal trend in foodborne diarrheagenic *Escherichia coli* outbreaks in China's Mainland, and the peak period is in summer and autumn. Effective prevention and control measures should be taken in time before the peak period.

**Key words:** Circular distribution method; foodborne disease; diarrheagenic *Escherichia coli*; outbreaks

收稿日期:2022-08-24

基金项目:国家重点研发计划(2021YFF0703804);北京市科技计划(Z201100008920005)

作者简介:王同瑜 女 医师 研究方向为食品安全 E-mail:wangtongyu1991@163.com

通信作者:马晓晨 男 主任医师 研究方向为食品安全 E-mail:xiaoch-ma@126.com

付萍 女 研究员 研究方向为食品安全 E-mail:fuping@cfsa.net.cn

食源性疾病是指食品中致病因素通过摄食方式进入人体引起的以感染性和中毒性为主要临床特征的疾病<sup>[1]</sup>。食源性疾病暴发事件是最常见的食品安全事故。食源性疾病事件是食源性疾病的暴发形式,也是食品安全问题的集中体现,社会各界高度关注,会给国家的经济和人民的生命健康造成严重的影响<sup>[2-4]</sup>。细菌性食源性疾病仍然是当前我国食品安全面临的首要问题,食源性疾病暴发事件仍然频发<sup>[5]</sup>。致泻性大肠埃希氏菌是引起人类腹泻的主要病原体之一。世界卫生组织的研究显示,致泻性大肠埃希氏菌是中低收入国家急性腹泻最常见的病因之一<sup>[6]</sup>。我国针对感染性腹泻的监测研究发现致泻性大肠埃希氏菌也是我国腹泻病门诊病人中检测出的重要病原体之一<sup>[7]</sup>。因此,了解我国细菌性食源性疾病暴发事件的流行病学特征,进一步制定针对性的防控措施是十分必要的。本研究基于“食源性疾病暴发监测系统”进行收集数据,数据上报后并逐级审核,监测数据较为真实、可靠<sup>[8]</sup>。圆形分布法常用于疾病发病或死亡的季节性研究,可以对季节性发病高峰提供确切的集中时点。既往针对我国食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件进行综合分析的研究较少。本研究使用描述性分析和圆形分布法分析 2010—2020 年中国大陆地区食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件的季节分布特征和月份分布规律,了解我国食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件的季节聚集性或高峰特征,为食源性疾病暴发事件的监测和有效防控提供科学依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料来源

本研究中所使用的食源性疾病暴发事件监测资料信息均来源于“食源性疾病暴发监测系统”,该系统为原国家卫生和计划生育委员会委托国家食品安全风险评估中心于 2010 年建立的法定被动监测报告系统。该系统收集的数据为中国大陆县级及以上级别的疾病预防控制中心完成现场流行病学调查后核实为发病人数在 2 人或 2 人以上、或死亡人数在 1 例及以上以上的食源性疾病暴发事件的数据。参照《2010—2020 年国家食源性疾病监测工作手册》进行食源性疾病暴发事件的判断。本研究采用 2010—2020 食源性疾病暴发监测系统收集的经调查核实致病因子为致泻大肠埃希氏菌的食源性疾病暴发事件数据。全国人口数据来自 2021 年《中国统计年鉴》(<http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2021/indexch.htm>)。

### 1.2 统计学分析

本研究采用 Microsoft excel 2010 对数据进行整理,采用 R 软件(v4.2.0)对 2010—2020 年中国大陆食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件的时间分布特征及高峰期进行描述,并采用圆形分布法对发生事件是否存在集中趋势及其高峰特征进行统计学检验。采用 Mann Kendall 趋势检验法对事件发生率的时间趋势进行分析。圆形分布法是将具有周期性变化特征的数据,通过三角函数的代换原理,转化为角度进行分析,求出发病的集中方向、离散程度及疾病流行的高峰期的一种统计方法( $P < 0.05$  表示差异具有统计学意义)。

### 1.3 圆形分布法

圆形分布平均角表示发病时间的集中方向,按月统计事件发生数,将发病时间换算成角度,再通过三角函数代换原理,则可求出疾病的集中方向、离散程度及疾病流行的高峰期  $m_j$ 。具体方法如下:1 年按 365 天计,相当于 360 度,1 天相当于 0.986 3 度。以每月月中值作为组中值并折算成角度,即 1 月为 15.78 度,2 月为 44.87 度,以此类推,每月角度依次确定,每月时间角度换算见表 1。通过三角函数代换原理求平均角  $a$  及角度标准差  $s$ ,由此推算暴发事件的集中发生事件及流行高峰期事件( $a \pm s$ )。计算公式为:

$$X = \sum (f_i \cos a_i) / \sum f_i \quad \text{公式(1)}$$

$$Y = \sum (f_i \sin a_i) / \sum f_i \quad \text{公式(2)}$$

$$R = \sqrt{X^2 + Y^2} \quad \text{公式(3)}$$

$$\sin a = Y/R \quad \text{公式(4)}$$

$$\cos a = X/R \quad \text{公式(5)}$$

$$s = 122.9548 \sqrt{\lg R} \quad \text{公式(6)}$$

注:  $f_i$  表示月暴发事件数( $i=1, 2, \dots, 12$ ),  $a_i$  表示各月份角度,  $R$  为角度离散度指标,表示圆形分布集中趋势,  $a$  表示平均角,  $s$  表示角度标准差。

表 1 时间换算表

Table 1 Time conversion

月份	各月天数范围/d	平均角 $a$	弧度 $a_i$
1	1~31	15.780 8	0.275 4
2	32~59	44.876 7	0.783 2
3	60~90	73.972 6	1.291 1
4	91~120	104.057 4	1.816 1
5	121~151	134.137 0	2.341 1
6	152~181	164.219 2	2.866 2
7	182~212	194.301 4	3.391 2
8	213~243	224.876 7	3.924 8
9	244~273	254.958 9	4.449 9
10	274~304	285.041 0	4.974 9
11	305~334	315.123 3	5.499 9
12	335~365	345.205 5	6.025 0

## 2 结果

### 2.1 食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件发生情况

2010—2020年中国大陆地区发生食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件349起,发病7059人,住院2571人,死亡1人。其中2016、2018和2020年事件数最多(54起),2010年最少(4起)。事件发生率以2016年最高,为0.0039/10万人,以2010年最小(0.0003/10万人),年平均事件发生率为0.0023/10万人。采用Mann Kendall趋势检验法对事件发生率的时间趋势进行分析,结果显示2010—2020年中国大陆食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件发生率总体呈持续上升趋势( $Z=2.9764, P<0.05$ )。

表2 2010—2020年中国大陆食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件年分布

Table 2 Annual distribution of diarrheagenic *Escherichia coli* outbreaks in China's Mainland from 2010 to 2020

年份	全国人口数/万	事件数(n)	事件发生率/(1/10万)
2010	134 091	4	0.000 3
2011	134 916	18	0.001 3
2012	135 922	13	0.001 0
2013	136 726	14	0.001 0
2014	137 646	20	0.001 5
2015	138 326	31	0.002 2
2016	139 232	54	0.003 9
2017	140 011	42	0.003 0
2018	140 541	54	0.003 8
2019	141 008	45	0.003 2
2020	141 212	54	0.003 8
均值	138 148	32	0.002 3
Z值			2.976 4
P值			0.002 9

### 2.2 食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件时间分布特征

2010—2020年每月食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件数呈季节性变化趋势,夏秋季节为事件暴发的高峰期,见表3和图1。致泻大肠埃希氏菌暴发事件发生高峰期为5~9月,5~9月事件数(260起)占全年总数的74.50%。其中7月的事件数最多(63,18.05%),12月事件数最少(4,1.15%)。

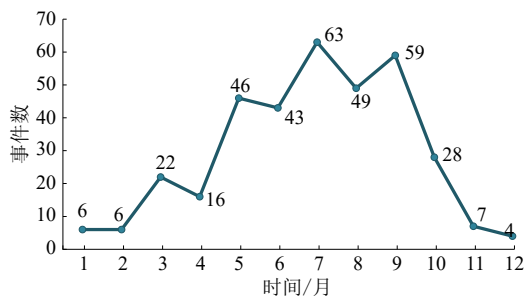


图1 2010—2020年食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件月分布

Figure 1 Monthly distribution of diarrheagenic *Escherichia coli* outbreaks in China's Mainland from 2010 to 2020

表3 2010—2020年食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件月分布

Table 3 Monthly distribution of diarrheagenic *Escherichia coli* outbreaks in China's Mainland from 2010 to 2020

月	事件数/n(%)	发病人数/n(%)	住院人数/n(%)
1	6(1.72)	82(1.16)	22(0.86)
2	6(1.72)	62(0.88)	7(0.27)
3	22(6.30)	439(6.22)	157(6.11)
4	16(4.58)	693(9.82)	507(19.72)
5	46(13.18)	1 301(18.43)	199(7.74)
6	43(12.32)	702(9.94)	190(7.39)
7	63(18.05)	932(13.20)	228(8.87)
8	49(14.04)	625(8.85)	204(7.93)
9	59(16.91)	1 444(20.46)	748(29.09)
10	28(8.02)	574(8.13)	237(9.22)
11	7(2.01)	161(2.28)	33(1.28)
12	4(1.15)	44(0.62)	39(1.52)
合计	349(100.00)	7 059(100.00)	2 571(100.00)

### 2.3 2010—2020年食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件发病高峰

运用圆形分布法对食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件的分布是否存在集中趋势进行检验,结果显示,2010—2020年食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件分布存在集中趋势,高峰时间为7月10日,高峰时区为4月24日~9月25日。

根据1.3统计步骤中公式(1)~(6)计算得出: $X=0.4138, Y=0.0644, R=0.4188, \sin a=0.1538, \cos a=0.9881$ 。

根据得到的R值查圆形分布界值表, $R>R_{0.05}$ ,因此 $P<0.05$ ,不接受 $H_0$ 假设,认为平均角 $\alpha$ 差异有统计学意义,暴发事件分布存在显著集中趋势。 $ai=188.8487$ ,通过角度换算成日期为191.4716d,对应日期7月10日为中国大陆地区食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件的发病高峰时点。根据 $s=122.9548, \sqrt{\lg R}=75.5957$ ,通过角度换算成日期为76.6456d,因此事件的发病高峰时区为(191.4716±76.6456)d,对应日期为4月24日~9月25日。具体角度计算过程见表4。

### 2.4 2010—2020年各年食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件发病高峰

采用圆形分布法对2010—2020年各年食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件的高峰时点和高峰时区进行计算和检验。各年事件均存在集中分布趋势( $P<0.05$ )。2010年和2012年的高峰时点在9月,其余各年的高峰时点均在7月和8月间分布。高峰时区的分布除2010年致泻大肠埃希氏菌暴发事件集中分布在9~10月,其余各年的高峰时区均在4~10月波动,无明显趋势变化,详见表5。

## 3 讨论

传统方法分析疾病及事件的季节性通常采用

表4 2010—2020年中国大陆食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件平均角计算表

Table 4 Average Angle calculation of diarrheagenic *Escherichia coli* outbreaks in China's Mainland from 2010 to 2020

月份	平均角(a)	弧度(ai)	月发病人数(fi)	sin ai	cos ai	fi sin ai	fi cos ai
1	15.780 8	0.275 4	82	0.272 0	0.962 3	22.304	78.908 6
2	44.876 7	0.783 2	62	0.705 6	0.708 6	43.747 2	43.933 2
3	73.972 6	1.291 1	439	0.961 1	0.276 1	421.922 9	121.207 9
4	104.057 4	1.816 1	693	0.970 1	-0.242 9	672.279 3	-168.3297
5	134.137 0	2.341 1	1 301	0.717 7	-0.696 4	933.727 7	-906.016 4
6	164.219 2	2.866 2	702	0.272 0	-0.962 3	190.944	-675.534 6
7	194.301 4	3.391 2	932	-0.247 0	-0.969 0	-230.204	-903.108
8	224.876 7	3.924 8	625	-0.705 6	-0.708 6	-441	-442.875
9	254.958 9	4.449 9	1 444	-0.965 7	-0.259 5	-1 394.470 8	-374.718
10	285.041 0	4.974 9	574	-0.956 7	0.259 5	-549.145 8	148.953
11	315.123 3	5.499 9	161	-0.705 6	0.708 6	-113.601 6	114.084 6
12	345.205 5	6.025 0	44	-0.255 4	0.966 8	-11.237 6	42.539 2
合计			7 059			-454.734 7	-2 920.955 2

各月发病数或发病率绘制流行曲线来对疾病的发病水平或事件的发生水平进行粗略的定性描述,可以直观观察疾病或事件的流行趋势,但无法系统地分析疾病或事件发生的季节特征。圆形分布法可精确获得疾病的流行高峰时点及流行期的情况,已被广泛应用于分析各种疾病如手足口病、布鲁氏菌病、疟疾、鼠疫、流感、细菌性痢疾等传染性疾病的时间分布特征<sup>[9-14]</sup>,也应用于分析妊娠早产及精神疾病等疾病的季节性变化<sup>[15-16]</sup>,目前用于研究食源

性疾病高峰期并不多。陈玲<sup>[17]</sup>采用圆形分布法对2000—2011年湖南省食物中毒事件的时间特征进行分析,结果显示湖南省食物中毒事件分布存在集中趋势,高峰月份是5~9月,2000—2011年平均高峰时点是8月6日,平均高峰时区是5月14日~10月4日。唐诗斯<sup>[18]</sup>对重庆市2001—2007年的食物中毒事件采用圆形分布法分析季节特征,结果显示重庆市食物中毒发病高峰时点是8月3日,高峰期是5月20日至10月17日。

表5 2010—2020年中国大陆食源性致泻大肠埃希氏菌暴发事件高峰区分布

Table 5 Peak distribution of diarrheagenic *Escherichia coli* outbreaks in China's Mainland from 2010 to 2020

时间/年	R	P	a±s	高峰时点	高峰时区
2010	0.906 1	<0.05	267.774 7±25.441 9	9月28日	9月2日~10月24日
2011	0.130 8	<0.05	225.286 7±115.561 3	8月16日	4月21日~12月11日
2012	0.628 9	<0.05	249.515 1±55.182 0	9月9日	7月16日~11月4日
2013	0.473 7	<0.05	202.945 3±70.035 8	7月22日	5月14日~10月3日
2014	0.543 0	<0.05	225.589 25±63.322 1	8月16日	6月13日~10月19日
2015	0.306 4	<0.05	211.933 3±88.123 8	8月2日	5月5日~10月31日
2016	0.435 9	<0.05	181.860 1±73.840 1	7月3日	4月19日~9月16日
2017	0.527 0	<0.05	181.458 3±64.852 2	7月2日	4月28日~9月6日
2018	0.610 9	<0.05	183.420 9±56.882 6	7月4日	5月8日~8月31日
2019	0.575 0	<0.05	224.588 8±60.281 6	8月15日	6月15日~10月15日
2020	0.500 4	<0.05	180.791 3±67.425 1	7月2日	4月23日~9月8日

本研究采用圆形分布法分析2010—2020年各月中国大陆致泻大肠埃希氏菌暴发事件的发生情况,探讨分析事件发生的季节性特征,结果显示暴发事件存在明显的季节高峰和月份集中趋势,暴发事件的平均发病高峰时点为7月10日,流行高峰期为4月24日至9月25日。本次研究结果显示的致泻大肠埃希氏菌暴发事件的高峰时点在夏季,可能是由于夏季气候温高暑热,既往研究认为夏季较高的温度、湿度和较多的降雨可能影响致泻大肠埃希氏菌的暴露频率、毒力和宿主免疫功能<sup>[8]</sup>。高温季节致泻大肠埃希氏菌易繁殖,易污染肉与肉制品、水产品 and 果蔬类食物,使得人们感染致泻大肠埃希氏菌的风险增加。该菌引发的暴发事件高峰时点、时区年际变化呈波动状态,与高温的波动相一致。因此,

温度与其暴发事件的发生有密切关系。

季节与食源性疾病发生的相关性研究文献中表明,季节性通常包括气温、气压、湿度、空气污染等多个因素,季节的划分基本由温度决定<sup>[19]</sup>。全球气候正在发生变化,随着气温升高和降水模式的时空变化,会显著增加食源性疾病和聚集事件的发生风险<sup>[20]</sup>。气候因素会影响食源性疾病的发病率。温度、降水模式、极端天气事件以及海洋变暖和酸化等气候变量,会对整个食物链产生重大复杂的影响。食源性疾病是由细菌、真菌、寄生虫和病毒引起,气候变化改变许多食源性病原体在自然界的生存状态,以及改变人类行为和野生动物病媒等传播因素,可能会改变疾病的流行程度<sup>[21-23]</sup>。英国有研究表明,每周报告的食物中毒事件数与环境温度具有很强的



相关性<sup>[24]</sup>。有研究结果显示,食物和水传播疾病的发生与环境温度升高和雨量增加之间有明显的正相关联系<sup>[25]</sup>,还有研究利用主成分分析和偏相关系数矩阵确定了5个气候因子(温度、相对湿度、降雨、日晒和云量)与致泻大肠埃希氏菌之间的关系,表明气候因素是其发病的潜在预测因素<sup>[26]</sup>。美国研究者采用食源性疾病主动监测网(FoodNet)中沙门菌的监测数据和天气数据进行分析,发现极端高温天气会增加肠炎沙门菌、鼠伤寒沙门菌等几种最流行血清型沙门菌的感染率<sup>[27]</sup>。

本次研究通过圆形分布法分析中国大陆致泻大肠埃希氏菌暴发事件的季节性及月份分布规律,根据其发生高峰期可及早采取有效防控措施,开展预防致泻大肠埃希氏菌暴发事件的相关知识宣传教育,提高公民的食品安全意识,加强基层公共卫生队伍及监督队伍的建设,从而降低致泻大肠埃希氏菌暴发事件的发生,减轻疾病负担。

## 参考文献

- [1] 袁蒲, 杨丽, 李杉, 等. 我国食源性疾病监测研究现状与管理建议[J]. 中国卫生产业, 2018, 15(6): 136-137.  
YUAN P, YANG L, LI S, et al. Woguo shiyuanxingjibing jiance yanjiu xianzhuang yu guanlijianyi [J]. China Health Industry, 2018, 15(6): 136-137.
- [2] SCHARFF R L. Economic burden from health losses due to foodborne illness in the United States [J]. Journal of Food Protection, 2012, 75(1): 123-131.
- [3] SUNDSTRÖM K. Cost of illness for five major foodborne illnesses and sequelae in Sweden [J]. Applied Health Economics and Health Policy, 2018, 16(2): 243-257.
- [4] KUMAGAI Y, GILMOUR S, OTA E, et al. Estimating the burden of foodborne diseases in Japan [J]. Bulletin of the World Health Organization, 2015, 93(8): 540-549C.
- [5] 陈君石. 中国食品安全的过去、现在和将来 [J]. 中国食品卫生杂志, 2019, 31(4): 301-306.  
CHEN J S. Food safety situation in China-past, present and future [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2019, 31(4): 301-306.
- [6] The World Health Organization. Diarrhoeal Disease [M]. The World Health Organization, 2017: 1.
- [7] ZHOU S X, WANG L P, LIU M Y, et al. Characteristics of diarrheagenic *Escherichia coli* among patients with acute diarrhea in China, 2009-2018 [J]. Journal of Infection, 2021, 83(4): 424-432.
- [8] WU Y N, LIU X M, CHEN Q, et al. Surveillance for foodborne disease outbreaks in China, 2003 to 2008 [J]. Food Control, 2018, 84: 382-388.
- [9] 侯攀峰, 何文英. 基于集中度和圆形分布法分析新疆某三甲医院流感发病季节性特征 [J]. 医学信息, 2021, 34(20): 151-153.  
HOU P F, HE W Y. Analysis of seasonal characteristics of influenza in a tertiary hospital in Xinjiang based on concentration and circular distribution [J]. Journal of Medical Information, 2021, 34(20): 151-153.
- [10] 王伟明, 周华云, 曹俊, 等. 应用圆形分布法分析1961—2010年江苏省间日疟发病季节变化 [J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2012, 24(3): 329-332.  
WANG W M, ZHOU H Y, CAO J, et al. Analysis of seasonal variability of vivax malaria by circular distribution method in Jiangsu province from 1961 to 2010 [J]. Chinese Journal of Schistosomiasis Control, 2012, 24(3): 329-332.
- [11] 董欢欢, 刘兴荣. 基于集中度和圆形分布法分析甘肃省人间布氏菌病季节性特征 [J]. 中华疾病控制杂志, 2022, 26(2): 227-231.  
DONG H H, LIU X R. Analysis of seasonal characteristics of human brucellosis in Gansu province based on the concentration and circular distribution method [J]. Chinese Journal of Disease Control & Prevention, 2022, 26(2): 227-231.
- [12] 边香, 郭奇, 于娟, 等. 基于集中度和圆形分布法的晋东南某三级甲等医院手足口病季节特征分析 [J]. 长治医学院学报, 2022, 36(1): 15-20.  
BIAN X, GUO Q, YU J, et al. Seasonal characteristics of hand foot and mouth disease in a tertiary hospital in southeast Shanxi province based on concentration degree and circular distribution method [J]. Journal of Changzhi Medical College, 2022, 36(1): 15-20.
- [13] 陈永明, 康东梅, 牛艳芬, 等. 动物鼠疫季节性分布的集中度法和圆形分布法分析 [J]. 中华卫生杀虫药械, 2021, 27(4): 351-354.  
CHEN Y M, KANG D M, NIU Y F, et al. Seasonal distribution analysis of animal plague with concentration ratio and circular distribution [J]. Chinese Journal of Hygienic Insecticides & Equipments, 2021, 27(4): 351-354.
- [14] 龙利, 王丹, 游旅, 等. 2016—2020年贵州省细菌性痢疾流行病学特征及时空聚集性研究 [J]. 中国预防医学杂志, 2021, 22(12): 931-936.  
LONG L, WANG D, YOU L, et al. Epidemiological characteristics and temporal-spatial clustering signatures of bacillary dysentery in Guizhou, 2016—2020 [J]. Chinese Preventive Medicine, 2021, 22(12): 931-936.
- [15] 林琳, 柯彩萍, 李雪媛, 等. 基于圆形分布法分析单胎妊娠早产的季节及月份分布规律 [J]. 中国妇幼健康研究, 2022, 33(2): 40-44.  
LIN L, KE C P, LI X Y, et al. Analyses of season and month distribution rules of preterm birth in singleton pregnant women in Guangzhou City based on circular distribution algorithm [J]. Chinese Journal of Woman and Child Health Research, 2022, 33(2): 40-44.
- [16] 姜超. 应用圆分布法和趋势季节模型分析门诊精神疾病季节变动动态规律 [D]. 南昌: 南昌大学, 2017.  
JIANG C. Seasonal variation dynamic analysis of outpatients with psychiatric disorders by using circle distribution combined with seasonal trend model [D]. Nanchang: Nanchang University, 2017.
- [17] 陈玲. 湖南省食物中毒流行病学及预测模型研究 [D]. 长沙:

- 中南大学, 2012.
- CHEN L. Epidemiological study and prediction models of food poisoning in Hunan province[D]. Changsha: Central South University, 2012.
- [18] 唐诗斯. 重庆市 2001~2007 年食物中毒流行病学分析及食物中毒预防措施[D]. 重庆: 西南大学, 2008.
- TANG S S. The epidemiological analysis and preventive measure of the food poisoning in Chongqing from 2001 to 2007 [D]. Chongqing: Southwest University, 2008.
- [19] LAKE I R. Foodborne disease and climate change in the United Kingdom [J]. Environmental Health: A Global Access Science Source, 2017, 16(S1): 117.
- [20] SMITH B A, FAZIL A. How will climate change impact microbial foodborne disease in Canada? [J]. Canada Communicable Disease Report, 2019, 45(4): 108-113.
- [21] OGDEN N H, GACHON P. Climate change and infectious diseases: What can we expect? [J]. Canada Communicable Disease Report, 2019, 45(4): 76-80.
- [22] LAKE I R, GILLESPIE I A, BENTHAM G, et al. A re-evaluation of the impact of temperature and climate change on foodborne illness [J]. Epidemiology and Infection, 2009, 137(11): 1538-1547.
- [23] ESPINOSA M F, SANCHO A N, MENDOZA L M, et al. Systematic review and meta-analysis of time-temperature pathogen inactivation [J]. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2020, 230: 113595.
- [24] BENTHAM G, LANGFORD I H. Environmental temperatures and the incidence of food poisoning in England and Wales [J]. International Journal of Biometeorology, 2001, 45(1): 22-26.
- [25] SMITH B A, MEADOWS S, MEYERS R, et al. Seasonality and zoonotic foodborne pathogens in Canada: Relationships between climate and *Campylobacter*, *E. coli* and *Salmonella* in meat products [J]. Epidemiology and Infection, 2019, 147: e190.
- [26] PARK M S, PARK K H, BAHK G J. Interrelationships between multiple climatic factors and incidence of foodborne diseases [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018, 15(11): E2482.
- [27] MORGADO M E, JIANG C S, ZAMBRANA J, et al. Climate change, extreme events, and increased risk of salmonellosis: Foodborne diseases active surveillance network (FoodNet), 2004-2014 [J]. Environmental Health, 2021, 20: 105.