基于暴发数据的华东地区沙门氏菌病归因分析

周 林[1#] 刘继开[2#] 李薇薇[2] 付 萍[2] 郭云昌[2△] 张 军[1△]

【提 要】 **目的** 了解2010—2022年中国华东地区食源性沙门氏菌感染暴发的食品归因来源。**方法** 应用归因模型分析沙门氏菌病的归因食品，使用蒙特卡罗模拟描述归因的不确定性。**结果** 2010—2022年中国华东地区沙门氏菌病主要归因于猪肉(17.54%)，其次为蛋类及其制品(17.07%)、鸡肉(14.01%)。2010—2016年和2017—2022年华东地区食源性沙门氏菌病主要归因均为鸡肉、蛋类及其制品、猪肉，但归因顺位有变化，蛋类及其制品和猪肉的归因比例上升。**结论** 开展沙门氏菌病食品归因分析，明确主要归因食品，为进一步加强食品安全监管和检查，确定优先的食品安全干预措施提供依据，也可以服务于食品安全科普，提高公众的食品安全意识。

【关键词】 沙门氏菌病 归因模型 暴发 食源性疾病

【中图分类号】 R155 【文献标志码】 A **DOI** 10.11783/j.issn.1002-3674.2026.03.019

食源性疾病是危害人类健康的重要因素，据世界卫生组织公布，全球每年有近6亿人因食用受到污染的食品而患病，造成近42万人死亡，其中5岁以下儿童占死亡人数的30%。中国食源性胃肠炎的疾病负担同样不容忽视。2003—2017年，中国发生4657起细菌性食源性疾病暴发，其中沙门氏菌暴发899起，占19.3%，仅次于副溶血弧菌[1]。2011年，中国开始建立食源性疾病监测体系，识别能力不断提升，暴发事件数和发病人数不断上升，2011—2017年的年平均暴发数是2003—2010年年均数的4.73倍[2]。各地监测结果显示，沙门氏菌是导致中国细菌性食源性疾病的主要致病因子[3-5]。

基于暴发调查数据的归因分析方法可确定致病因子的主要归因食品及其贡献，有助于确定导致某类食源性疾病最常见的食物，为制定食品安全控制策略提供优先干预的食品，获得最大的社会效益。

资料与方法

1. 资料来源

本研究中使用的2010—2022年中国华东地区(安徽省、山东省、江苏省、江西省、浙江省、福建省)食源性沙门氏菌疾病暴发数据来源于全民健康保障信息化工程食品安全风险评估业务应用平台食源性疾病暴发监测系统。

2. 资料处理

食源性疾病暴发：根据《食源性疾病监测报告工作规范(试行)》中的定义，食源性疾病暴发是指2例及以上具有类似临床表现，经流行病学调查确认有共同食品暴露史，且发病与食品有关的食源性疾病病例。

食品分类：对暴发的原因食品按照其包含的原料，依据美国联邦政府的食品分类方案[6]进行重新分类，并根据中国居民的饮食习惯进行了局部调整。加工类型或烹饪程度(即生的、未煮熟的和煮熟的)不包括在分类方案中。

具体分类方法为，按照层次分类方案对暴露食品进行分类。所有暴露食物按其原料被分为陆地动物、水产动物和植物三大类，这些食物原料又被细分为更具体的食物类别。暴露食品只含有一类(例如牛排含有牛肉；沙拉只含有蔬菜，尽管它可能含有多种蔬菜)被标记为“简单食品”，而含有不同类别原料的食物(如豆角炒肉含有豆角、猪肉)被标记为“复杂食品”。因此，暴露食品中每种涉及的食物原料被分配到一个或多个相互排斥的食物类别中。不明确的复杂食物，其原料通过网络搜索其食谱获得，见图1。

3. 归因分析

首先，统计简单食品各个食物原料来源的构成比，得到简单食品引起食源性沙门氏菌病的概率P_j。例如，在10次简单食品引起的暴发中，牛肉引起的为5次，则P_j为0.5。使用蒙特卡罗模拟方法和Dirichlet(S)分布来量化概率向量P的不确定性，其中S向量的S_j对应由来源j引起的单一食品暴发疾病数量。应用Dirichlet分布从原始数据中得到10000组重复数据，进行归因分析及95%可信区间估计。Dirichlet分布用于描述多项式分布的不确定性，其中多项式分布是一种描述多个离散事件的概率分布。

其次，根据简单食物暴发的概率P_j，将复杂食品暴发按比例分配给涉及的食品类别。例如，一次沙拉引起的暴发被归因于牛肉和蔬菜，则该起暴发将按照简单食物中牛肉和蔬菜的P_j值比例分配给这两个类别。

最后，将简单食物暴发的归因结果与复杂食物暴发的归因结果进行汇总，获得归因于每个来源的暴发

1.济南市疾病预防控制中心(250021)
2.国家食品安全风险评估中心
#共同第一作者
△通信作者：张军，E-mail：cdczhangjun@163.com；郭云昌，E-mail：gych@cfsa.net.cn

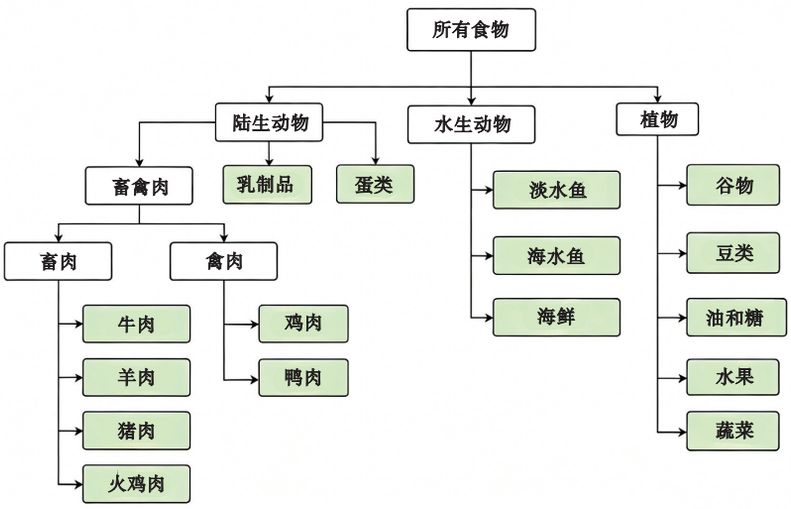


图1　暴露食品按其原料归类方案

总数。然后通过将归因的暴发数除以暴发总数，来获得归因于每个来源j或未知来源的疾病的百分比及其95%的不确定度区间。分析未考虑暴发的患病人数，以避免大规模暴发对归因食品带来高估[7]。归因分析使用了excel 2016和R 4. 3. 0软件。

结　果

1. 总体情况

2010—2022年华东地区（安徽省、山东省、江苏省、江西省、浙江省、福建省）共报告沙门氏菌导致的食源性疾病暴发484起，发病7989例，住院2360例，死亡2例。

导致暴发的原因食品主要为复杂食品237起，占48. 97%，简单食品156起，占32. 23%，未知食品91起，占18. 80%，见表1。

2. 沙门氏菌病归因分析

（1）华东地区沙门氏菌病归因分析

2010—2022年华东地区食源性沙门氏菌暴发484起。经归因分析和蒙特卡罗模拟，17. 54%的暴发可归因于猪肉（95%*CI*：15. 68%~19. 02%），17. 07%的暴发可归因于蛋类及其制品（95%*CI*：14. 40%~19. 28%），14. 01%的暴发可归因于鸡肉（95%*CI*：12. 58%~14. 91%），10. 05%的暴发可归因于蔬菜（95%*CI*：4. 63%~15. 42%），7. 75%的暴发可归因于牛肉（95%*CI*：6. 43%~9. 00%），见表2、图2。

（2）不同年度阶段沙门氏菌病的归因分析

2010—2016年报告食源性沙门氏菌病暴发126起。经归因分析和蒙特卡罗模拟，14. 38%的暴发可归因于猪肉（95%*CI*：11. 34%~17. 53%），13. 74%的暴发可归因于鸡肉（95%*CI*：11. 34%~16. 49%），12. 77%的沙门氏菌病可归因于蛋类及其制品（95%*CI*：9. 28%~15. 46%），10. 43%的暴发可归因于牛肉（95%*CI*：8. 25%~13. 40%），见表3、图3。

2017—2022年报告食源性沙门氏菌病暴发358起。经归因分析和蒙特卡罗模拟，18. 54%的暴发可归因于猪肉（95%*CI*：16. 26%~20. 42%），17. 80%的沙门氏菌病可归因于蛋类及其制品（95%*CI*：14. 53%~20. 76%），13. 65%的暴发可归因于鸡肉（95%*CI*：12. 46%~14. 53%），10. 49%的暴发可归因于蔬菜（95%*CI*：4. 84%~16. 27%），见表4、图4。

与2010—2016年相比，2017—2022年食源性沙门氏菌病食品归因比例上升的有猪肉、蛋类及其制品、蔬菜等，下降的有鸡肉、牛肉、鸭肉等，见图5。

讨　论

基于暴发数据的沙门氏菌病原因食品归因分析已经在欧美、日本等多个国家地区得到了广泛应用，为当地改善食品安全策略提供了积极的证据[7-9]。本研究是首次运用该方法系统地分析中国华东地区沙门氏菌病食品归因情况。研究发现，2010—2022年中国华东地区食源性沙门氏菌病主要归因于猪肉（17. 54%），其次为蛋类及其制品（17. 07%）、鸡肉（14. 01%）。此结果与欧洲[7]、日本[9]及拉美地区[8]的研究结果基本一致。

沙门氏菌病食品归因结果既与食品的沙门氏菌

表1　2010—2022年华东地区不同食品分类沙门氏菌导致的食源性疾病暴发情况

食品分类	暴发起数	构成比（%）	罹患人数	住院人数	死亡人数
复杂食品	237	48. 97	4544	1390	2
简单食品	156	32. 23	2293	678	0
未知食品	91	18. 80	1152	292	0
合计	484	100	7989	2360	2

表 2　沙门氏菌病归因暴发数、归因比例及其不确定度

食品	归因暴发数（n）			归因比例（%）		
	均值	$P_{2.5}$	$P_{97.5}$	均值	$P_{2.5}$	$P_{97.5}$
猪肉	68.25	61	74	17.54	15.68	19.02
蛋类	66.40	56	75	17.07	14.40	19.28
鸡肉	54.49	50	58	14.01	12.85	14.91
蔬菜	39.11	18	60	10.05	4.63	15.42
牛肉	30.14	25	35	7.75	6.43	9.00
谷类	28.73	15	42	7.39	3.86	10.80
鸭肉	21.75	18	26	5.59	4.63	6.68
豆类	20.77	17	24	5.34	4.37	6.17
海鲜	15.17	8	21	3.90	2.06	5.40
油和糖	13.70	2	37	3.52	0.51	9.51
畜肉	10.03	6	15	2.58	1.54	3.86
乳制品	7.76	2	17	1.99	0.51	4.37
水果	7.35	5	9	1.89	1.29	2.31
坚果	2.71	1	4	0.70	0.26	1.03
淡水鱼	1.81	1	3	0.46	0.26	0.77
羊肉	0.56	0	3	0.14	0	0.77
海水鱼	0.17	0	1	0.04	0	0.26
蘑菇	0.10	0	1	0.03	0	0.26
火鸡肉	0	0	0	0	0	0
饮用水	0	0	0	0	0	0

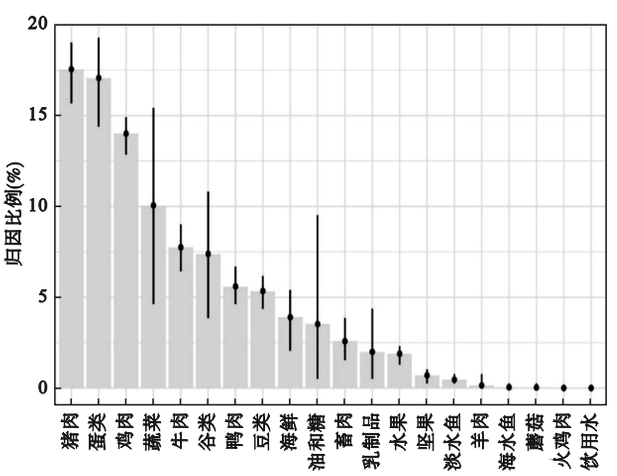


图 2　2010—2022 年华东地区食源性沙门氏菌病归因比例及其不确定度

表 3　2010—2016 年沙门氏菌病归因暴发数、归因比例及其不确定度

食品	归因暴发数（n）			归因比例（%）		
	均值	$P_{2.5}$	$P_{97.5}$	均值	$P_{2.5}$	$P_{97.5}$
猪肉	13.95	11	17	14.38	11.34	17.53
鸡肉	13.32	11	16	13.74	11.34	16.49
蛋类	12.38	9	15	12.77	9.28	15.46
牛肉	10.12	8	13	10.43	8.25	13.40
鸭肉	9.37	6	12	9.66	6.19	12.37
油和糖	8.83	1	19	9.10	1.03	19.59
蔬菜	8.66	0	20	8.93	0	20.62
豆类	7.73	7	8	7.97	7.22	8.25
海鲜	5.59	3	8	5.77	3.09	8.25
谷类	2.57	0	8	2.65	0	8.25
坚果	1.67	1	2	1.72	1.03	2.06
畜肉	1.09	0	3	1.12	0	3.09
乳制品	0.85	0	3	0.88	0	3.09
水果	0.50	0	1	0.52	0	1.03
淡水鱼	0.15	0	1	0.16	0	1.03
蘑菇	0.11	0	1	0.11	0	1.03
羊肉	0.10	0	1	0.10	0	1.03
火鸡肉	0	0	0	0	0	0
海水鱼	0	0	0	0	0	0
饮用水	0	0	0	0	0	0

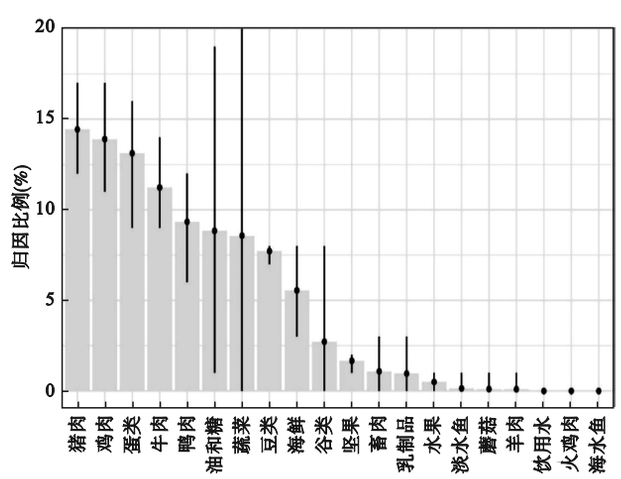


图 3　2010—2016 年食源性沙门氏菌病归因比例及其不确定度

污染水平有关，也与人们的消费习惯有着密切的关系。姚俊峰等[10]研究结果显示，超市散装鸡蛋的沙门氏菌污染率为 4.76%，盒装鸡蛋的沙门氏菌污染率为 0.42%。赵志晶等[11]的模型估计中国每年因食用被沙门氏菌污染的带壳鲜蛋而引起沙门氏菌病的人数平均为 5.3×10^7 人。赖海梅[12]研究结果显示分割鸡肉、成品鸡肉中沙门氏菌污染率分别为 31.33%、14.00%。吴海晶等[13]和杨琳[14]的研究结果显示，猪肉的沙门氏菌污染率达 8.07% 和 22.94%。中国是蛋类、猪肉消费大国。陈加齐等[15]的研究结果表明，中国和欧美、日本的人均蛋类消费量均远高于世界人均消费量。近年来，中国人均猪肉消费量逐年增加，且远高于世界平均水平，而欧美人均猪肉消费量变化不大。中国人均禽肉消费量低于世界平均水平，而欧美人均禽肉消费量均高于世界平均水平。

2010—2016 年和 2017—2022 年华东地区食源性沙门氏菌病主要归因均为蛋类及其制品、鸡肉、猪肉。与 2010—2016 年相比，2017—2022 年蛋类及其制品和猪肉归因比例上升，猪肉的归因顺位由第三位上升至第二位。食品归因顺位的变化可能与生产工艺变化和人们消费习惯、风险意识的变化有关。

归因食品的分类直接关系到研究结果的顺位及结果的比较和运用。本研究依据美国的食品分类方案，并结合中国居民的饮食习惯，重新调整了归因食

表4 2017—2022年沙门氏菌病归因暴发数、归因比例及其不确定度

食品	归因暴发数（n）			归因比例（%）		
	均值	$P_{2.5}$	$P_{97.5}$	均值	$P_{2.5}$	$P_{97.5}$
猪肉	53.58	47	59	18.54	16.26	20.42
蛋类	51.45	42	60	17.80	14.53	20.76
鸡肉	39.45	36	42	13.65	12.46	14.53
蔬菜	30.33	14	47	10.49	4.84	16.27
谷类	25.38	13	37	8.78	4.50	12.80
牛肉	18.73	14	23	6.48	4.84	7.96
鸭肉	12.30	9	15	4.26	3.11	5.19
豆类	12.12	9	16	4.19	3.11	5.54
油和糖	11.00	1	28	3.81	0.35	9.69
畜肉	8.86	5	13	3.07	1.73	4.50
海鲜	8.14	2	13	2.82	0.69	4.50
乳制品	7.55	2	16	2.61	0.69	5.54
水果	6.79	5	9	2.35	1.73	3.11
淡水鱼	1.69	1	3	0.58	0.35	1.04
坚果	0.74	0	2	0.26	0	0.69
羊肉	0.54	0	2	0.19	0	0.70
海水鱼	0.25	0	1	0.09	0	0.35
蘑菇	0.11	0	1	0.04	0	0.35
火鸡肉	0	0	0	0	0	0
饮用水	0	0	0	0	0	0

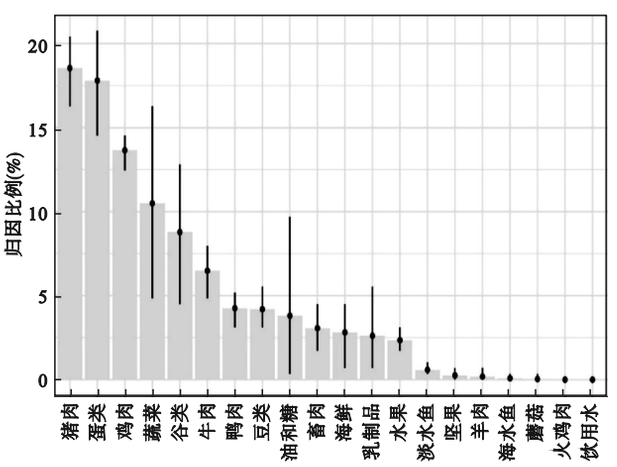


图4 2017—2022年食源性沙门氏菌病归因比例及其不确定度

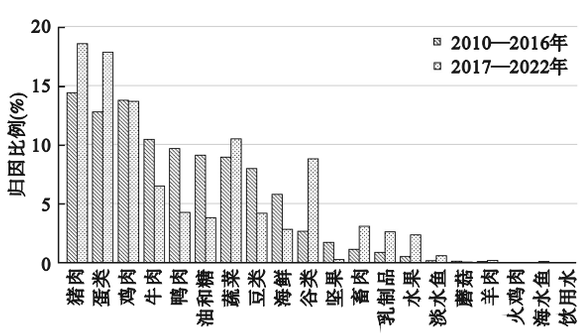


图5 2010—2016年和2017—2022年食源性沙门氏菌病归因结果比较

品分类方案，这样既能够方便不同研究之间的比较，又能够适应当地实际情况，满足制定食品安全策略的需要。

本研究是基于暴发数据的食品归因分析。暴发数据由各级疾控机构处置食源性疾病暴发，按照《食品安全事故流行病学调查技术指南（2012版）》要求，运用流行病学调查、食品卫生学调查和实验室检测技术，经综合判断获得的数据，是中国目前食源性疾病监测中暴露食品—致病因子较为可靠的监测数据。应用此数据开展致病因子食品归因分析，可以明确致病因子的主要归因食品，为进一步加强食品安全监管和检查，确定优先的食品安全干预措施提供依据，也可以服务于食品安全科普，提高公众的食品安全意识。此外，因为生产工艺和消费习惯的变化，建议每5至10年重新开展一次归因食品评估。

本研究还存在以下局限性：一是沙门氏菌病散发病例的影响，在某些情况下，散发病例可能是未被发现的暴发。二是食品交叉污染的影响，不同食品之间可能发生交叉污染，也可能会受到环境或加工人员的污染，此研究的数据仅关注了最后食用的食品。三是不明确的暴发食品的影响，本研究中暴露食品不明确的暴发有91起，占18.80%。这些都可能会对归因食品产生偏倚。此外，各地区间监测质量的差异，也会对本地的归因结果产生影响。

参 考 文 献

[1] Li WW, Pires SM, Liu ZT, et al. Surveillance of foodborne disease outbreaks in China, 2003-2017 [J]. Food Control, 2020, 118: 107359.

[2] 白莉, 刘丽莎, 李亮亮, 等. 2011—2017年中美两国食源性疾病暴发监测资料比较及对我国监测体系建设的启示[J]. 中国食品卫生杂志, 2022,34(5):863-870.

[3] 何源, 王红, 王文斟, 等. 重庆市2019—2020年食源性疾病主动监测病原学及饮食史分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2022,34(6):1316-1322.

[4] 马恺, 周翌婧, 郑东宇, 等. 2015—2020年江苏省食源性疾病主动监测沙门氏菌情况分析[J]. 公共卫生与预防医学, 2022,33(6): 33-37.

[5] 郑美惠, 赖天兵, 贾华云, 等. 湖南省2017—2021年食源性疾病主动监测病原学及流行特征分析[J]. 现代预防医学, 2023,50(7): 1327-1332.

[6] Richardson LC, Bazaco MC, Parker CC, et al. An Updated Scheme for Categorizing Foods Implicated in Foodborne Disease Outbreaks: A Tri-Agency Collaboration [J]. Foodborne Pathog Dis, 2017, 14 (12): 701-710.

[7] Pires SM, Vigre H, Makela P, et al. Using outbreak data for source attribution of human salmonellosis and campylobacteriosis in Europe [J]. Foodborne Pathog Dis, 2010, 7(11): 1351-1361.

[8] Pires SM, Vieira AR, Perez E, et al. Attributing human foodborne illness to food sources and water in Latin America and the Caribbean using data from outbreak investigations[J]. International Journal of Food Microbiology, 2012, 152(3): 129-138.

（下转第429页）

预测提供了新方法，具有一定的临床指导价值。

综上，本研究发现小于1000g超低出生体重、动脉导管未闭、合并新生儿肺透明膜病、早产儿脑损伤是BPD并发PH的独立危险因素。基于上述因素构建的列线图可以较好地评估早产儿BPD-PH的发生风险。定期进行胸部影像学和心脏彩超[17,21]的随访，及时发现并给予相应治疗措施改善患儿预后。

参 考 文 献

[1] Kalikkot Thekkeveedu R, Guaman MC, Shivanna B. Bronchopulmonary dysplasia: A review of pathogenesis and pathophysiology [J]. Respir Med, 2017, 132: 170-177.

[2] Jensen EA, Schmidt B. Epidemiology of bronchopulmonary dysplasia [J]. Birth Defects Res A Clin Mol Teratol, 2014, 100(3): 145-157.

[3] 杨超雷. 早产儿支气管肺发育不良与孕母妊娠期贫血的关联性研究[D]. 芜湖:皖南医学院,2023.

[4] 黄静,林新祝,郑直,等. 胎龄32周且出生体重1500 g早产儿支气管肺发育不良的发生及其严重程度的影响因素[J]. 中国当代儿科杂志,2022,24(12):1326-1333.

[5] Altit G, Bhombal S, Hopper RK, et al. Death or resolution: the "natural history" of pulmonary hypertension in bronchopulmonary dysplasia [J]. J Perinatol, 2019, 39(3): 415-425.

[6] 锡洪敏,马丽丽,尹向云,等. 极早产儿支气管肺发育不良相关肺高压合并动脉导管未闭9例预后分析[J]. 精准医学杂志,2024,39(2):175-177.

[7] 夏红萍,张拥军. 重度支气管肺发育不良的表型特征和治疗策略[J]. 临床儿科杂志,2022,40(6):401-406.

[8] 尹娇,高慧萍,朱荣平. 支气管肺发育不良早产儿并发脑损伤的影响因素及预测模型[J]. 中国现代医学杂志,2024,34(12):95-100.

[9] 宋夏子. 极早产儿支气管肺发育不良危险因素分析及列线图预测模型建立与验证[D]. 杭州:浙江中医药大学,2024.

[10] Higgins RD, Jobe AH, Koso-Thomas M, et al. Bronchopulmonary Dysplasia: Executive Summary of a Workshop [J]. J Pediatr, 2018, 197: 300-308.

[11] 中华医学会儿科学分会新生儿学组,《中华儿科杂志》编辑委员会. 新生儿肺动脉高压诊治专家共识[J]. 中华儿科杂志,2017,55(3):163-168.

[12] 陈芳,蔡成,范巧玲. 早产儿支气管肺发育不良研究现状及热点的中文文献计量学研究[J]. 中华新生儿科杂志(中英文),2023,38(8):478-483.

[13] 吴新萍,谷传丽,韩树萍,等. 极早产儿存活率和并发症的多中心回顾性研究[J]. 中国当代儿科杂志,2021,23(8):814-820.

[14] El-Saie A, Varghese NP, Webb MK, et al. Bronchopulmonary dysplasia-associated pulmonary hypertension: An updated review [J]. Semin Perinatol, 2023, 47(6): 151817.

[15] Hansmann G, Sallmon H, Roehr CC, et al. Pulmonary hypertension in bronchopulmonary dysplasia [J]. Pediatr Res, 2021, 89(3): 446-455.

[16] 张艳妮,李世玲,邓春. 动脉导管未闭与支气管肺发育不良发生风险相关性的meta分析[J]. 医学信息,2023,36(18):33-38.

[17] 田权秀,韩爱民,徐艳. 动脉导管未闭与极低出生体重早产儿支气管肺发育不良的相关性分析[J]. 中华妇幼临床医学杂志(电子版),2023,19(6):675-682.

[18] Gentle SJ, Travers CP, Clark M, et al. Patent Ductus Arteriosus and Development of Bronchopulmonary Dysplasia-associated Pulmonary Hypertension [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2023, 207(7): 921-928.

[19] Ali Z, Schmidt P, Dodd J, et al. Predictors of bronchopulmonary dysplasia and pulmonary hypertension in newborn children [J]. Dan Med J, 2013, 60(8): A4688.

[20] 樊雨薇,张伊佳,温和梅,等. 双胎早产儿支气管肺发育不良危险因素分析:一项多中心研究[J]. 中国当代儿科杂志,2024,26(6):611-618.

[21] 郭洁,林建奎,李正浩. 肺部超声与X线检查在新生儿呼吸窘迫综合征和新生儿支气管肺发育不良中的诊断价值分析[J]. 现代医学与健康研究电子杂志,2022,6(11):107-110.

（责任编辑：林美艺）

（上接第424页）

[9] Kumagai Y, Pires SM, Kubota K, et al. Attributing Human Foodborne Diseases to Food Sources and Water in Japan Using Analysis of Outbreak Surveillance Data [J]. J Food Prot, 2020, 83(12): 2087-2094.

[10] 姚俊峰, 高娟, 王晓亮, 等. 上海市零售鸡蛋沙门氏菌快速检测[J]. 上海农业学报, 2014,30(4):93-96.

[11] 赵志晶, 刘秀梅. 中国带壳鸡蛋中沙门氏菌定量危险性评估的初步研究：Ⅱ. 危害特征的描述与危险性特征的描述[J]. 中国食品卫生杂志, 2004(4):295-300.

[12] 赖海梅. 肉鸡屠宰生产链沙门氏菌的污染情况、耐药性、耐药基因及PFGE分型研究[D]. 雅安:四川农业大学, 2015.

[13] 吴海晶,程逸宇,沈威,等. 南京地区猪肉源中沙门氏菌分子分型及耐药性分析[J]. 现代食品科技,2023,39(10):307-314.

[14] 杨琳. 湖北省和广东省5个生猪屠宰场沙门菌的污染情况及其耐药性分析[D]. 武汉：华中农业大学, 2022.

[15] 陈加齐, 魏晓娟, 朱增勇, 等. 近年来全球畜产品消费趋势分析及未来展望[J]. 农业展望, 2017,13(1):70-76.

（责任编辑：张 悦）